СПРАВОЧНИК НАЧИНАЮЩЕГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ



СПРАВОЧНИК НАЧИНАЮЩЕГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

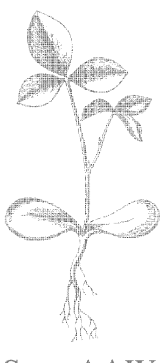
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 400

СПРАВОЧНИК НАЧИНАЮЩЕГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

Под общей редакцией
Р. М. МАЛИНИНА







ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1961 ЛЕНИНГРАД

Предназначенный для широких кругов радиолюбителей справочник содержит основные теоретические и практические сведения из области радиотехники, необходимые радиолюбителю в его конструкторской работе.

Значительное место в книге отведено практическим схемам радиоприемников и усилителей низкой частоты, советам по налаживанию радиоаппаратуры и устранению неисправностей в ней, а также любительской радиотелефонной связи на УКВ.

Справочник содержит сведения о выпускаемых нашей промышленностью электронных лампах, полупроводниковых приборах, радиодеталях и практические советы по обработке материалов и монтажу радиоаппаратуры.

Даются также схемы и описания простых измерительных приборов, элементарные сведения по технике телевидения, электроакустике, звукозаписи и звуковоспроизведению.

6Ф2
С74

СПРАВОЧНИК НАЧИНАЮЩЕГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ
М. — Л., Госэнергоиздат, 1961
624 с. с черт. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 400)

6Ф2

Редактор *В. А. Бурлянд* Техн. редактор *Н. И. Борунов*

Подписано к печати с матриц 14/XII 1961 г. Т-12360 Бумага 84×108 1/32. 31,98 печ. л. Уч.-изд. л. 48,8. Тираж 100 000 экз. (2-й завод 50 001—100 000 экз.). Цена 2 р. 05 к. Заказ № 1078.

Ленинградский Совет народного хозяйства.
Управление полиграфической промышленности.
Типография № 1 «Печатный Двор» имени А. М. Горького.
Ленинград, Гатчинская, 26.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ежегодно ряды радиолюбителей пополняются большими отрядами лиц, начинающих увлекаться радиотехникой, занимающихся в радиокружках ДОСААФ, включающихся в работу радиоклубов.

При чтении радиотехнической литературы, а также при сборке той или иной радиоаппаратуры у начинающего радиолюбителя обычно возникает множество вопросов. Ответы на них он находит у более подготовленных товарищей, в консультациях радиоклубов или в результате просмотра ряда книг.

Между тем ответы на большинство встречающихся вопросов начинающий радиолюбитель хотел бы найти в специально изданном для него справочнике.

Такой справочник предлагается вниманию читателей. Он отличается от других справочников по радиотехнике тем, что начинающий радиолюбитель на большинство вопросов найдет в нем готовый ответ. Это обеспечивается тем, что практические сведения в значительной степени содержатся в справочнике в виде таблиц, графиков или готовых схем. Только в отдельных случаях радиолюбителю придется воспользоваться для получения ответа простыми формулами.

Книга содержит расшифровку радиотехнических обозначений, символов, единиц измерения, основных терминов, понятий и параметров. В ней даны элементарные сведения из электротехники и радиотехники, справочные материалы о выпускаемых нашей промышленностью электронных лампах, полупроводниковых приборах и радиодеталях.

Значительное место занимают в справочнике практические схемы радиоприемников и усилителей низкой частоты на электронных лампах и полупроводниковых приборах со всеми необходимыми данными, описания простых измерительных приборов, рекомендации по налаживанию радиоаппаратуры и по устранению в ней простейших неисправностей.

Даются также элементарные сведения по технике телевидения, электроакустике, звукозаписи и звуковоспроизведению.

Радиолюбители, начинающие заниматься радиотелефонной связью на УКВ, найдут здесь основные материалы об УКВ антеннах, приемниках, передатчиках, их налаживании и правилах работы на радиостанции.

В конце книги приводятся сведения о радиотехнических материалах и даются практические советы по обработке материалов и монтажу радиоаппаратуры.

В заключительной главе помещены справки общего характера.

В составлении «Справочника начинающего радиолюбителя» приняли участие: С. М. Алексеев (написавший пятый раздел), В. М. Большов (третий, девятый разделы и описание самодельных катушек в двена-

дцатом разделе), М. Г. Витков (первый раздел), В. И. Гукин (шестой и десятый разделы), В. М. Иванов (седьмой раздел), Р. М. Малинин (второй, восьмой, одиннадцатый, двенадцатый и усилители низкой частоты в третьем разделе), А. М. Пилтакян (четвертый раздел), Ю. Н. Пленкин (шестнадцатый раздел) и А. Г. Соболевский (тринадцатый, четырнадцатый и пятнадцатый разделы).

В рецензировании и редактировании материалов Справочника принимали участие тт. И. В. Антик, Г. А. Бартновский, В. В. Енютин, А. М. Канаева, Е. Ф. Комарков, Л. В. Кубаркин, В. К. Лабутин, В. А. Ломанович, А. М. Нефедов, Ю. Н. Пленкин, Ю. Н. Прозоровский, М. Г. Усов, Ю. Ф. Шер, а также библиотечная комиссия Центрального радиоклуба.

Подобный Справочник издается впервые.

При обсуждении построения, содержания и формы подачи материала использованы пожелания многих руководителей радиокружков и отдельных радиолюбителей.

Однако решающее слово остается за широкими кругами читателей, от которых мы ждем отзывов, замечаний и пожеланий к последующим изданиям справочника по адресу: Москва, Ж-114, Шлюзовая набережная, 10. Госэнергоиздат, редакция Массовой радиобиблиотеки.

Редакция

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЕ ПРИЕМНИКИ И УСИЛИТЕЛИ

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ РАДИОТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ НА УКВ

РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ

ПРИЕМНЫЕ АНТЕННЫ

РАЗДЕЛ СЕДЬМОЙ

ЭЛЕКТРОАКУСТИКА И ЗВУКОЗАПИСЬ

РАЗДЕЛ ВОСЬМОЙ

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ РАДИОАППАРАТУРЫ

РАЗДЕЛ ДЕВЯТЫЙ

ИЗМЕРЕНИЯ И ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

РАЗДЕЛ ДЕСЯТЫЙ

ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ ПРИБОРЫ

РАЗДЕЛ ОДИННАДЦАТЫЙ

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ И ТРАНЗИСТОРЫ

РАЗДЕЛ ДВЕНАДЦАТЫЙ

РАДИОДЕТАЛИ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

РАЗДЕЛ ТРИНАДЦАТЫЙ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

РАЗДЕЛ ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ
ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ И ПАЙКА

РАЗДЕЛ ПЯТНАДЦАТЫЙ
МОНТАЖ РАДИОАППАРАТУРЫ

РАЗДЕЛ ШЕСТНАДЦАТЫЙ
РАЗНЫЕ СПРАВКИ

ОБЩИЕ СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ

СОКРАЩЕННОЕ НАПИСАНИЕ НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ И ДРУГИХ СЛОВ, ПРИНЯТОЕ В СПРАВОЧНИКЕ

а — ампер
АМ — амплитудная модуляция; амплитудно-модулированный
АРУ — автоматическая регулировка усиления; автоматический регулятор усиления
а.ч — ампер-час
в — вольт
вт — ватт
ВЧ — высокая частота; высокочастотный
г — грамм
Ггц — гигагерц
гн — генри
гц — герц
дб — децибел
ДВ — длинные волны; длинноволновый
дн — дина
гс — гаусс
КВ — короткие волны; коротковолновый
кв — киловольт
квт — киловатт
кг — килограмм
кгц — килогерц
км — километр
км/сек — километр в секунду
ком — килоом
к. п. д. — коэффициент полезного действия
л — литр
м — метр
м² — квадратный метр
м³ — кубический метр
ма — миллиампер
ма/в — миллиампер на вольт
мв — милливольт
мвт — милливатт
мг — миллиграмм
мин — минута
мгн — миллигенри
Мгц — мегагерц
мк — микрон
мка — микроампер
мкв — микровольт
мкгн — микрогенри
мкмо — микромо
мкф — микрофарада
мм — миллиметр
мм² — квадратный миллиметр
мм³ — кубический миллиметр
мм рт. ст. — миллиметр ртутного столба
Мом — мегом
м/сек — метр в секунду
НЧ — низкая частота; низкочастотный
О. Б. — общая база
О. К. — общий коллектор
О. Э. — общий эмиттер
пф — пикофарада
ПЧ — промежуточная частота
СВ — средние волны; средневолновый
СВЧ — сверхвысокая частота; сверхвысокочастотный
сек — секунда
см — сантиметр
см² — квадратный сантиметр
см³ — кубический сантиметр
УКВ — ультракороткие волны; ультракоротковолновый
ф — фарада
ч — час
ЧМ — частотная модуляция; частотно-модулированный
э — эрстед
э. д. с. — электродвижущая сила
°С — градус Цельсия
I — первичная обмотка трансформатора
II — вторичная обмотка трансформатора
III — третья обмотка трансформатора (вторичная)

ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМАХ И ЧЕРТЕЖАХ СПРАВОЧНИКА

1. Число, стоящее около обозначения сопротивления на схеме, указывает его номинальную величину. Если это целое число без указания единицы измерения, величина сопротивления выражена в омах. Когда это число представляет собой десятичную дробь или это целое число с десятичной дробью и после него стоит слово *ом*, величина сопротивления также выражена в омах.

В случае, если после целого числа стоит обозначение *ком*, величина сопротивления выражена в килоомах.

Когда около обозначения сопротивления стоит величина в виде целого числа с десятичной дробью (в том числе, когда после запятой стоит нуль) и единица измерения не указана — величина сопротивления выражена в мегомах.

Примеры:

R_1 *150*	следует читать:		R_1 150 *ом*;
R_2 *150 к*	»	»	R_2 150 *ком*;
R_3 *3*	»	»	R_3 3 *ом*;
R_4 *3,0*	»	»	R_4 3 *Мом*;
R_5 *4,7 ом*	»	»	R_5 4,7 *ом*;
R_6 *4,7*	»	»	R_6 4,7 *Мом*.

2. Число, стоящее около обозначения конденсатора на схеме, указывает его номинальную емкость.

Если это целое число без добавления единицы измерения,— емкость конденсатора выражена в пикофарадах.

Когда же около обозначения конденсатора стоит величина в виде десятичной дроби или в виде целого числа, после которого имеются запятая и нуль, — емкость конденсатора выражена в микрофарадах.

Примеры:

C_1 *30*	следует читать:		C_1 30 *пф*;
C_2 *30,0*	»	»	C_2 30 *мкф*;
C_3 *0,1*	»	»	C_3 0,1 *мкф*.

После величины емкости электролитического конденсатора добавляется его рабочее напряжение в вольтах.

Пример: C_4 *20,0 450 в* — конденсатор C_4 имеет емкость 20 *мкф* и рабочее напряжение его 450 *в*.

3. Когда около обозначения конденсатора переменной емкости или полупеременного конденсатора (подстроечника) стоит одно число, оно

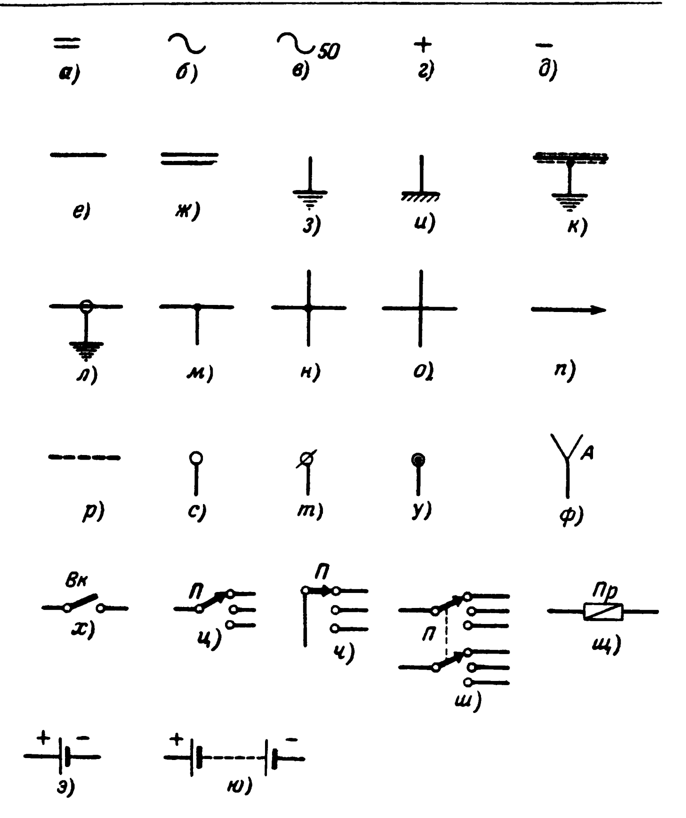


Рис. 0-1. Обозначения рода тока, напряжения, полярности, соединительных проводов, контактов и пр.

а — постоянный ток, напряжение постоянного тока; *б* — переменный ток, напряжение переменного тока; *в* — то же с частотой 50 *гц*; *г* — положительная полярность; *д* — отрицательная полярность; *е* — провод электрической цепи; *ж* — провода двухпроводной электрической цепи; *з* — соединение провода с землей (заземление) или с корпусом, с шасси прибора, аппарата; *и* — соединение провода с корпусом, с шасси прибора, аппарата (по ГОСТ 7624-55 на обозначения в электротехнических схемах); *к*, *л* — экранированный провод, экран заземлен; *м* — соединение проводов, ответвление от провода; *н* — соединение четырех проводов, два ответвления от провода в одной точке; *о* — провода пересекаются без электрического (металлического) соединения между ними; *п* — провод продолжается за пределами схемы в направлении, показанном стрелкой; *р* — провод, наличие которого в схеме не обязательно; *с* — зажим, разъем; *т* — зажим для подключения к аппарату внешних электрических цепей; *у* — штепсельное гнездо; *ф* — антенна; *х* — выключатель; *ц*, *ч* — однополюсный переключатель на три направления; *ш* — двухполюсный переключатель на три направления; *щ* — плавкий предохранитель; *э* — гальванический или аккумуляторный элемент; *ю* — батарея из последовательно соединенных гальванических или аккумуляторных элементов (гальваническая, аккумуляторная батарея).

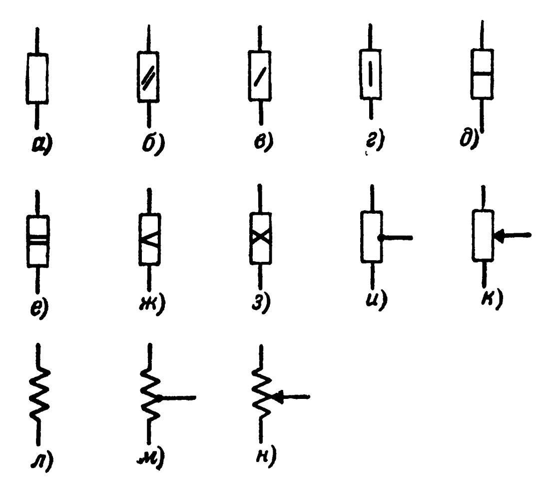


Рис. 0-2. Обозначение сопротивлений.

а — постоянное непроволочное сопротивление, общее обозначение; *б* — постоянное непроволочное сопротивление номинальной мощностью 0,12 *вт*; *в* — то же 0,25 *вт*; *г* — то же 0,5 *вт*; *д* — то же 1 *вт*; *е* — то же 2 *вт*; *ж* — то же 5 *вт*; *з* — то же 10 *вт*, *и* — постоянное непроволочное сопротивление с отводом; *к* — переменное непроволочное сопротивление, потенциометр, регулятор громкости, регулятор тембра; *л* — постоянное проволочное сопротивление; *м* — то же с отводом; *н* — переменное проволочное сопротивление, реостат, потенциометр.

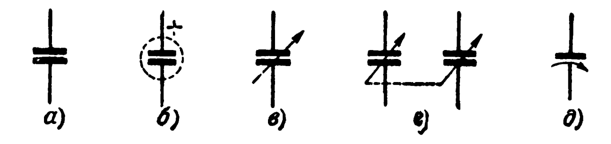


Рис. 0-3. Обозначение конденсаторов.

а — конденсатор постоянной емкости; *б* — конденсатор постоянной емкости электролитический; *в* — конденсатор переменной емкости; *г* — блок из двух конденсаторов переменной емкости; *д* — полупеременный конденсатор (подстроечник).

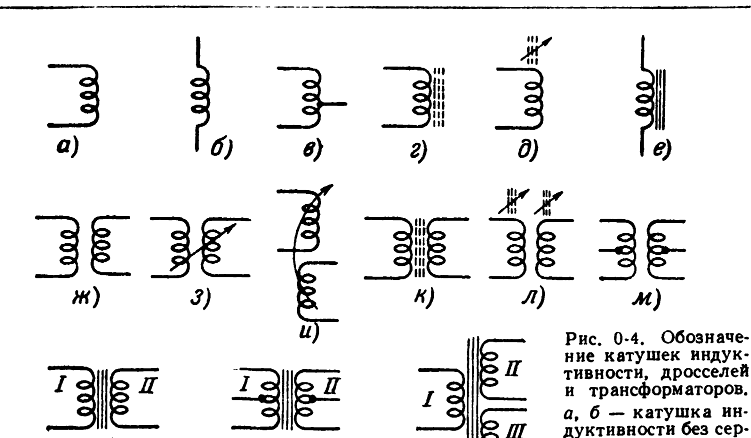


Рис. 0-4. Обозначение катушек индуктивности, дросселей и трансформаторов.

а, б — катушка индуктивности без сердечника; *в* — то же с отводом; *г* — катушка индуктивности с магнитным сердечником из феррита, альсифера или карбонильного железа; магнитная антенна; *д* — то же, но сердечник подвижный (подстроечник); *е* — катушка индуктивности с сердечником из пластин электротехнической стали или пермаллоя; низкочастотный дроссель; *ж* — две индуктивно связанные катушки индуктивности без сердечников, трансформатор высокой (промежуточной) частоты; *з, и* — две катушки индуктивности с переменной связью между ними; связь изменяется путем изменения взаимного положения катушек; *к* — трансформатор высокой (промежуточной) частоты с сердечником из феррита, альсифера или карбонильного железа; *л* — то же, но каждая катушка трансформатора имеет отдельный магнитный сердечник (подстроечник); *м* — трансформатор высокой (промежуточной) частоты с отводами в каждой обмотке; *н* — трансформатор с сердечником из пластин электротехнической стали или пермаллоя, трансформатор НЧ, силовой трансформатор; *о* — то же с отводами в каждой обмотке; *п* — трансформатор с сердечником из пластин электротехнической стали с тремя обмотками.

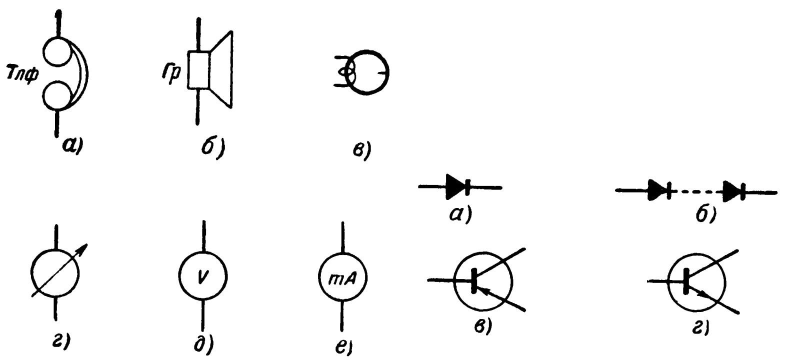


Рис. 0-5. Обозначение электроакустических и измерительных приборов.

а — головные телефоны (наушники); *б* — громкоговоритель; *в* — магнитная головка магнитофона; *г* — общее обозначение электроизмерительного прибора, гальванометр; *д* — вольтметр; *е* — миллиамперметр.

Рис. 0-6. Обозначение полупроводниковых приборов.

а — полупроводниковый диод, общее обозначение электрического вентиля; *б* — группа соединенных последовательно полупроводниковых диодов, селеновый или купроксный столб; *в* — транзистор типа *p-n-p*; *г* — транзистор типа *n-p-n*.

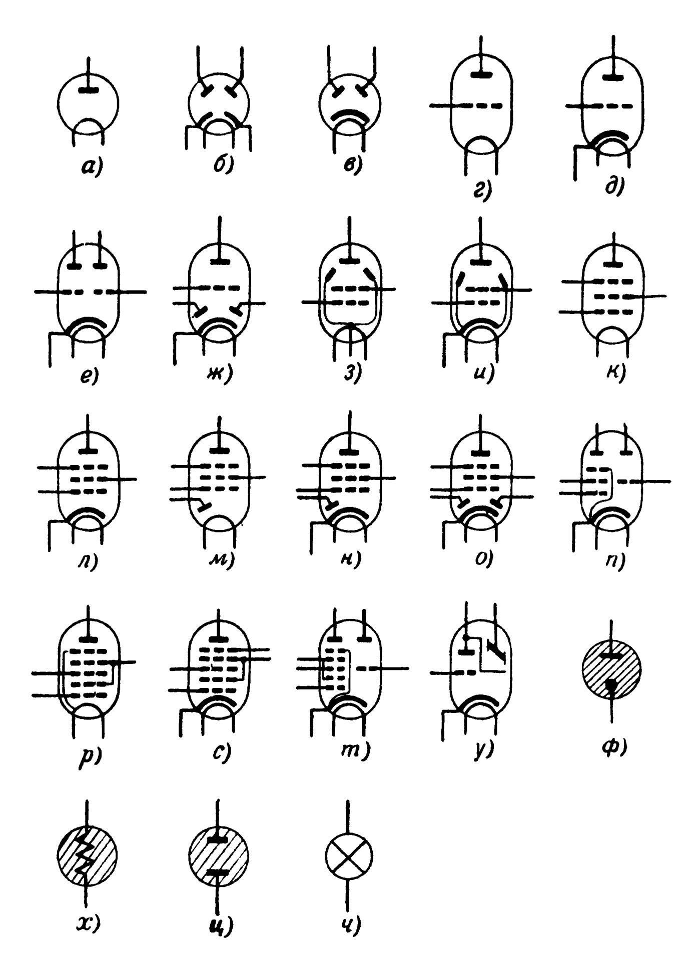


Рис. 0-7. Обозначение электровакуумных приборов.

а — диод, одноанодный кенотрон прямого накала; *б* — двойной диод подогревный; *в* — двуханодный кенотрон подогревный; *г* — триод прямого накала; *д* — триод подогревный; *е* — двойной триод подогревный; *ж* — двойной диод-триод подогревный; *з* — лучевой тетрод оконечный прямого накала; *и* — лучевой тетрод подогревный; *к* — пентод прямого накала; *л* — пентод подогревный; *м* — диод-пентод прямого накала; *н* — диод-пентод подогревный; *о* — двойной диод-пентод подогревный; *п* — триод-пентод подогревный; *р* — гептод-преобразователь прямого накала; *с* — гептод-преобразователь подогревный; *т* — триод-гептод подогревный; *у* — электронно-оптический индикатор настройки; *ф* — стабилитрон (стабилизатор напряжения); *х* — бареттер (стабилизатор тока); *ц* — неоновая лампа; *ч* — лампа накаливания.

указывает его максимальную емкость; когда же около его обозначения стоят два числа, разделенные знаком тире, первое из них указывает начальную (минимальную), а второе — максимальную его емкость в пикофарадах.

4. Емкость конденсатора или величина сопротивления, около которой стоит звездочка, является ориентировочной и должна быть подобрана экспериментальным путем при налаживании схемы.

5. Применение детали, указанной на схеме пунктиром, необязательно: необходимость в ней устанавливается при налаживании схемы.

6. Напряжение в вольтах, указанное около какого-либо проводника, электрода лампы или транзистора,— это напряжение между данной точкой и корпусом аппарата (шасси, землей).

7. Когда на схеме указана только точка подключения одного из полюсов источника питания, подразумевается, что второй полюс его должен быть присоединен к корпусу (шасси) радиоприбора, аппарата.

8. На конструктивных чертежах все размеры указаны в миллиметрах без добавления этой единицы измерения. Как исключение большие размеры указаны в метрах; в этих случаях после числа добавляется буква *м*.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

А. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОТЕХНИКИ

1-1. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ. ПОЛЕ

Скаляр, скалярная величина характеризуется своим численным значением. Примерами скаляров являются такие электрические величины, как заряд, ток, напряжение (см. § 1-4, 1-7, 1-8).

Вектор, векторная величина характеризуется численным значением (модулем) и направлением. На схемах вектор изображается стрелкой, указывающей его направление; длина стрелки пропорциональна модулю. Часто векторная величина обозначается буквой, над которой проводится черточка или стрелка.

Векторная сумма (сумма векторов) определяется по правилу параллелограмма. На складываемых векторах, как на сторонах, достраивается параллелограмм. Диагональ параллелограмма определяет модуль и направление вектора суммы (рис. 1-1).

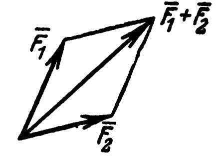


Рис. 1-1. Определение суммы векторов.

Поле величины — пространство, в котором определена величина в каждой точке; геометрическое понятие; не следует путать с физическим понятием о материальных полях (см., например, электромагнитное поле).

Векторное поле — пространство, в котором определена векторная величина в каждой точке.

Однородное поле (векторное) — поле, во всех точках которого векторы одинаковы по величине и направлению.

Постоянное поле — поле, векторы которого не изменяются со временем.

Переменное поле — поле, векторы которого изменяются со временем по величине или направлению.

Направление поля в точке — направление вектора поля в этой точке.

Интенсивность (сила, модуль) поля в точке — модуль вектора поля в этой точке.

Линия поля, линия вектора — снабженная стрелкой линия, направление которой в каждой точке совпадает с направлением поля. Линии поля нигде не пересекаются.

Поток вектора F через площадку, перпендикулярную линиям поля, — произведение модуля вектора и площади S площадки: FS.

Если провести линии поля так, чтобы их число, проходящее через перпендикулярную линиям поля площадку, равнялось потоку вектора поля через эту площадку, то поток вектора через поверхность — число линий поля, пронизывающих поверхность (изнутри). Разделение

сторон незамкнутой поверхности на внутреннюю и наружную может быть произвольным. Поток положителен, если линии поля пронизывают поверхность из внутренней стороны в наружную. Поток отрицателен, если линии поля пронизывают поверхность из наружной стороны во внутреннюю.

1-2. ПЕРЕМЕННЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

Переменная величина — величина, изменяющая со временем свое численное значение (и направление — для векторных величин). Понятие «переменная электрическая величина» (переменный ток, переменное напряжение) широко используется в технике.

Мгновенное значение переменной величины — значение величины (например, значение электрического тока) в данный момент времени. Мгновенные значения обозначаются малыми буквами (например, мгновенное значение тока i).

График переменной величины строится так. По горизонтальной оси (оси *абсцисс*) откладывается время; по вертикальной оси (оси *ординат*) — соответствующие мгновенные значения переменной величины.

Экспонента — переменная величина, изображенная на рис. 1-2; описывает изменение тока и напряжения в простых электрических

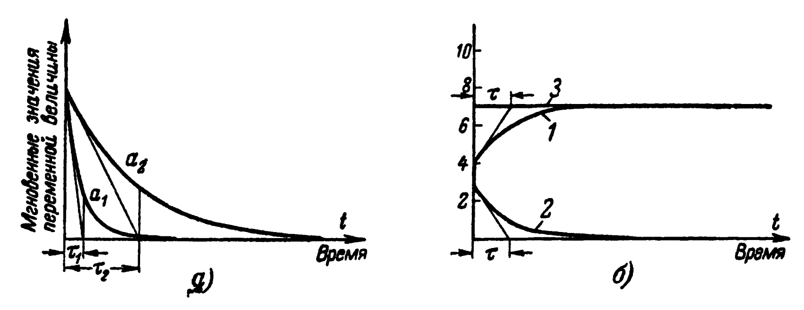


Рис. 1-2. Графики экспонент.

а — экспоненты $a_1 = A_m e^{-\frac{t}{\tau_1}}$ и $a_2 = A_m e^{-\frac{t}{\tau_2}}$; τ_1 меньше τ_2; *б* — разность $7 - 3e^{-\frac{t}{\tau}}$ (кривая *1*) постоянной величины 7 (прямая *3*) и экспоненты $3e^{-\frac{t}{\tau}}$ (кривая *2*).

цепях. Абсолютная величина мгновенных значений экспоненты убывает со временем.

Постоянная времени — характеристика относительной скорости убывания экспоненты; обозначается τ; измеряется в секундах. За время τ абсолютные численные значения экспоненты убывают в 2,73 раза.

$a = A_m e^{-\frac{t}{\tau}}$ — обозначение экспоненты; здесь a — мгновенное значение; A_m — начальное численное значение; t — время; τ — постоянная времени (например, экспонента напряжения $u = U_m e^{-\frac{t}{\tau}}$).

Сумма или разность переменных величин — переменная величина, мгновенные значения которой равны сумме (или разности) мгновенных значений складываемых величин, взятых в один и тот же момент времени. На рис. 1-2, *б* показана переменная величина $a=7-3e^{-\frac{t}{\tau}}$, равная разности постоянной величины 7 и экспоненты $3e^{-\frac{t}{\tau}}$.

Периодическая величина — переменная величина с мгновенными значениями, повторяющимися через равные промежутки времени, называемые периодом величины. Период обозначается T, измеряется в секундах. Полупериод — промежуток времени, равный половине периода. Полупериод называется положительным, если в течение него положительны все мгновенные значения величины. Полупериод называется отрицательным, если в течение него все мгновенные значения величины отрицательны.

Частота (основная частота периодической величины) — величина, обратная периоду (обозначается f). Частота показывает, какое число раз периодическая величина повторяется за 1 *сек*: $f=\frac{1}{T}$. Измеряется в герцах (*гц*). 1 герц равен одному повторению в секунду. Более крупные единицы: 1 килогерц (*кгц*) — тысяча повторений в секунду; 1 мегагерц (*Мгц*) — миллион повторений; 1 гигагерц (*Ггц*) — миллиард повторений.

1 *кгц* = 1 000 *гц*;

1 *Мгц* = 1 000 *кгц* = 1 000 000 *гц*.

1 *Ггц* = 1 000 *Мгц* = 1 000 000 *кгц*.

Стандартная частота переменного тока, вырабатываемого электростанциями Советского Союза, — 50 *гц*. В радиотехнике используются низкие (звуковые) частоты в диапазоне 25 *гц* — 20 *кгц*, высокие частоты (ВЧ) 20 *кгц* — 100 *Мгц* и сверхвысокие частоты (СВЧ) — больше 100 *Мгц*.

Кратная частота (основной) — частота, в целое число (*кратность*) раз большая основной частоты.

Угловая частота — величина, пропорциональная частоте. Обозначается ω. Измеряется в радианах в секунду. $\omega = 6{,}28\,f$.

Амплитуда — (максимальное, наибольшее) значение переменной величины за период, обозначается какой-либо буквой с индексом «m», например A_m.

Постоянная составляющая переменной величины — среднее значение величины за период. Обозначается какой-либо буквой с индексом «0», например A_0.

Действующее (эффективное) значение переменной величины — среднее значение квадрата переменной величины за период. Обозначается заглавной буквой, например A. Действующее значение постоянной величины равно абсолютному значению этой величины.

Синусоидальная величина (*гармоническая* величина) — простейшая периодическая величина; график — синусоида (рис. 1-3). Обозначается $a=A_m\sin(\omega t+\varphi_0)$ [например, синусоидальный ток $i=I_m\sin(\omega t+\varphi_0)$; синусоидальное напряжение $u=U_m\sin(\omega t+\varphi_0)$].

Постоянную величину можно считать синусоидальной величиной очень большого периода, т. е. очень малой частоты.

Н а ч а л ь н ы е т о ч к и синусоиды — моменты времени, когда *синусоида, возрастая*, проходит через нуль; повторяются через период.

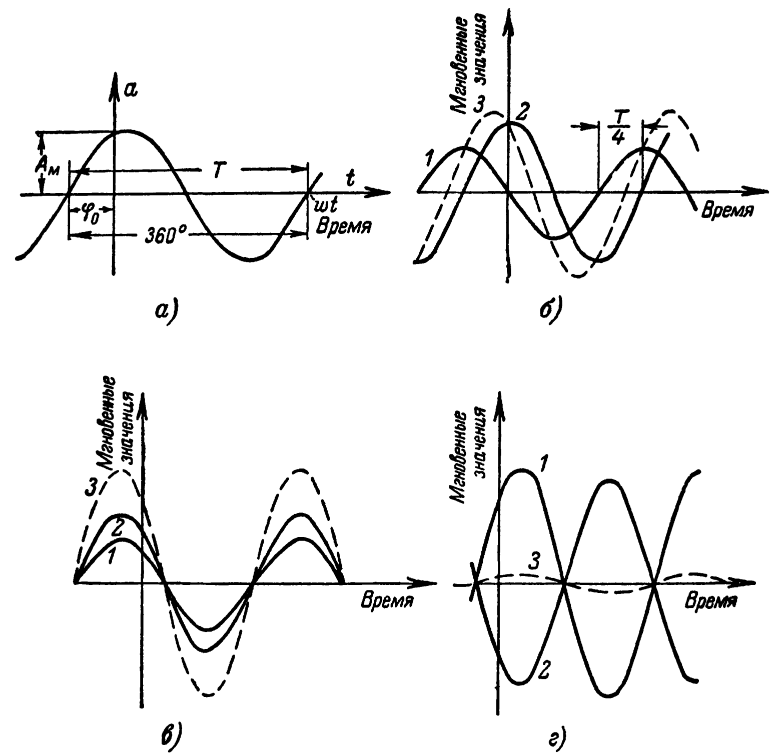


Рис. 1-3. Графики синусоиды.

а — переменная величина $a = A_m \sin(\omega t + \varphi_0)$ с начальной фазой φ_0; *б* — синусоиды *1* и *2* находятся в *квадратуре*; синусоида *2* отстает по фазе на четверть периода (на угол 90°); синусоида *3* — сумма синусоидальных величин *1* и *2*; *в* — синусоиды *1* и *2* находятся в *фазе* (начальные фазы одинаковы); синусоида *3* — сумма синусоид *1* и *2*; *г* — синусоиды *1* и *2* находятся в *противофазе*; синусоида *3* — сумма противофазных синусоид, имеет амплитуду, равную разности амплитуд складываемых синусоид.

Н а ч а л ь н а я ф а з а синусоиды — величина φ_0, характеризующая сдвиг ближайшей начальной точки синусоиды относительно начала отсчета времени. Измеряется в долях периода. Период разбивается на 360° или на 6,28... частей (радиан). 1 градус (1°) приблизительно равен 0,0175 радиан. Начальная фаза считается положительной, если сдвиг синусоиды противоположен с направлением отсчета времени, и отрицательной, если сдвиг синусоиды совпадает с этим направлением.

Синфазные синусоидальные величины — синусоидальные величины, имеющие одинаковую частоту и одинаковые начальные фазы.

Сдвиг фаз синусоид одинаковой частоты — разность начальных фаз синусоид. Сдвиг фаз равен промежутку времени (в долях периода: градусах или радианах) между любыми ближайшими начальными точками сравниваемых синусоид.

Синусоидальная величина, имеющая бóльшую начальную фазу, называется *опережающей* по фазе, а синусоидальная величина, имеющая меньшую начальную фазу, — отстающей по фазе. Синусоидальные величины, различающиеся по фазе на полупериод, находятся «в противофазе», а различающиеся на четверть периода — «в квадратуре» (рис. 1-3).

Сумма синусоидальных величин одинаковой частоты выражается синусоидой, получаемой при сложении двух синусоид одинаковой частоты. Амплитуда суммы зависит от амплитуды и разности фаз складываемых синусоид. Амплитуда суммы *синфазных* синусоидальных величин равна сумме амплитуд складываемых гармоник. Амплитуда суммы двух синусоидальных величин, находящихся в противофазе, равна разности их амплитуд. При равенстве амплитуд противофазных гармоник амплитуда их суммы равна нулю (рис. 1-3).

Сумма синусоид различных частот не представляет собой синусоиду. На рис. 1-4 показана сумма синусоид (кривая *8*) кратных частот f, $3f$, $5f$ с убывающими с ростом частоты амплитудами, которая приближается к кривой прямоугольной формы.

Действующее (эффективное) значение синусоидальной величины в $\sqrt{2}$ раз меньше ее амплитуды:

$$A = \frac{A_m}{\sqrt{2}} = 0{,}71\,A_m. \qquad (1\text{-}1)$$

Несинусоидальная периодическая величина a (рис. 1-4, 1-5) может быть представлена в виде суммы постоянной составляющей, синусоиды основной частоты и синусоид кратных частот (высших *гармоник*):

$$a = A_0 + A_{1m}\sin(\omega_0 t + \varphi_{01}) + A_{2m}\sin(2\omega_0 t + \varphi_{02}) + \ldots \qquad (1\text{-}2)$$

Слагаемые суммы носят название гармонических составляющих переменной величины.

Действующее значение несинусоидальной величины равняется корню квадратному из суммы квадратов действующих значений ее гармонических составляющих:

$$A = \sqrt{A_0^2 + A_1^2 + A_2^2 + \ldots} \qquad (1\text{-}3)$$

Коэффициент нелинейных искажений (коэффициент гармоник) γ — отношение действующего значения суммы высших гармонических составляющих периодической величины к эффективному значению ее основной гармоники. Обычно измеряется в процентах.

$$\gamma = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + \ldots}}{A_1}\,100\,\%. \qquad (1\text{-}4)$$

Пульсирующая величина — периодическая величина, не изменяющая своего знака. Прямоугольные импульсы, показанные на рис. 1-4, являются пульсирующей величиной,

Коэффициент пульсаций p — отношение амплитуды A_{1m} основной (первой) гармоники периодической величины к величине A_0 — постоянной составляющей. Обычно измеряется в процентах:

$$p = \frac{A_{1m}}{A_0} 100\%. \qquad (1\text{-}5)$$

Коэффициент пульсаций изображенной на рис. 1-4 кривой прямоугольных импульсов напряжения равен $\frac{0{,}638}{0{,}5} 100 = 128\%$.

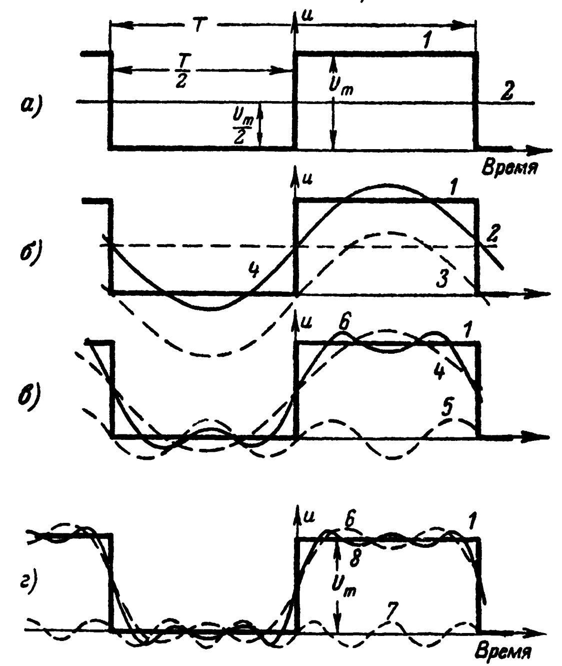


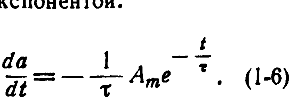
Рис. 1-4. Прямоугольные периодические импульсы.

1 — прямоугольные импульсы напряжения. На схемах а—г показано, как улучшается приближение прямоугольных импульсов при учете все более высоких гармонических составляющих; 2 — постоянная составляющая (прямая $u = 0{,}5\,U_m$); 3 — синусоида основной частоты $u = 0{,}638\,U_m \sin \omega_0 t$; 4 — приближение прямоугольных импульсов с учетом синусоиды основной частоты $u = 0{,}5\,U_m + 0{,}638\,U_m \sin \omega_0 t$; 5 — гармоническая составляющая тройной частоты $u = \frac{0{,}638}{3} \times U_m \sin 3\omega_0 t$; 6 — приближение прямоугольных импульсов с учетом третьей гармонической составляющей $u = U_m \left[0{,}5 + 0{,}638\left(\sin \omega_0 t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_0 t\right)\right]$; 7 — пятая гармоника $u = \frac{0{,}638}{5} U_m \sin 5\omega_0 t$; 8 — приближение прямоугольных импульсов с учетом пятой гармоники $u = U_m \left[0{,}5 + 0{,}638\left(\sin \omega_0 t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_0 t + \frac{1}{5} \sin 5\omega_0 t\right)\right]$. При длительности прямоугольного импульса, равной полупериоду, все четные гармонические составляющие ($\sin 2\omega_0 t$; $\sin 4\omega_0 t$; ... и т. д.) отсутствуют.

$\frac{da}{dt}$ — обозначение величины, равной скорости изменения со временем переменной величины a.

Скорость изменения постоянной величины, очевидно, равняется нулю.

Скорость изменения экспоненты $a = A_m e^{-\frac{t}{\tau}}$ — переменная величина, обратно пропорциональная постоянной времени экспоненты. Скорость изменения экспоненты является также экспонентой:



$$\frac{da}{dt} = -\frac{1}{\tau} A_m e^{-\frac{t}{\tau}}. \quad (1\text{-}6)$$

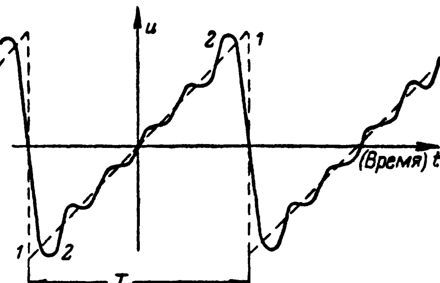


Рис. 1-5. Пилообразная периодическая величина (пилообразные импульсы).

1 — пилообразные импульсы напряжения u; 2 — сумма синусоид, приближающаяся к пилообразной кривой

$$u = U_m\, 0{,}638\left(\sin\omega_0 t - \frac{1}{2}\sin 2\omega_0 t + \frac{1}{3}\sin 3\omega_0 t - \frac{1}{4}\sin 4\omega_0 t + \frac{1}{5}\sin 5\omega_0 t\right).$$

Скорость изменения синусоиды $a = A_m \sin(\omega t + \varphi_0)$ — также синусоида, амплитуда которой прямо пропорциональна частоте, а начальная фаза увеличена на угол 90° (на четверть периода):

$$\frac{da}{dt} = \omega A_m \sin(\omega t + \varphi_0 + 90°). \quad (1\text{-}7)$$

1-3. ОСНОВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Сила F — характеристика интенсивности и направления взаимодействия материальных тел и полей. Сила — векторная величина (см. § 1-1).

Единицы измерения: килограмм силы (*кГ*), ньютон (*н*), 1 *н* = 0,102 *кГ*; 1 *н* = 102 *г*; 1 *кГ* = 1 000 грамм (*Г*).

Поле силы, силовое поле — пространство, в котором проявляется действие силы. Поле вектора силы см. § 1-1.

Силовая линия — линия поля силы (см. § 1-1).

Работа силы над телом совершается при перемещении тела, к которому приложена сила; обозначается A. При перемещении тела вдоль направления силы работа равняется произведению силы на длину пути:

$$A = Fl. \quad (1\text{-}8)$$

При перемещении тела под углом α к направлению силовой линии

$$A = Fl\cos\alpha. \quad (1\text{-}9)$$

При движении тела под прямым углом к силовой линии поля работа поля (сил поля) равна нулю. При движении против силовой линии работа поля отрицательна (положительную работу производят иные силы, перемещающие тело против сил поля). При этом энергия (см. ниже) системы, состоящей из поля и тела, возрастает. Если иные силы будут

устранены, то силы поля приведут тело в движение вдоль их линии действия и совершат работу.

Энергия w — способность тел и полей совершать работу. Измеряется величиной работы, которая может быть получена в процессе преобразования энергии из одной формы в другую.

Закон сохранения энергии соблюдается во всех процессах и превращениях. Он гласит: энергия не создается и не уничтожается и может только переходить из одной формы в другую. Как пример, потенциальная энергия электрического поля (см. § 1-6), действующего на подвижные электроны проводника, переходит в кинетическую энергию их движения, преобразуясь затем в тепловую энергию хаотических колебаний ионов кристаллической решетки проводника.

Единицы работы и энергии: 1 джоуль (*дж*) = 1 ватт-секунда (*вт·сек*) = = 0,24 *кал*.

1 *вт · ч* = 3 600 *дж*.

Мощность P — работа, совершаемая в единицу времени, $P = \frac{\text{работа}}{\text{время}}$. Единицы измерения:

1 ватт (*вт*) = 1 *дж* в секунду; 1 киловатт (*квт*) = 1 000 *вт*; 1 гектоватт (*гвт*) = 100 *вт*; 1 лошадиная сила (*л. с.*) = 736 *вт*.

Например, если мощность электронагревательного прибора равняется 300 *вт*, то это значит, что каждую секунду в нем выделяется «полезная» тепловая энергия, равная 300 *дж*.

При получении полезной энергии ее часть рассеивается непроизводительно в проводах и прочих элементах электрической схемы. Эффективность преобразования энергии в различных устройствах характеризуется их коэффициентом полезного действия.

Коэффициент полезного действия устройства (к. п. д.) — отношение полезной мощности устройства к поступающей в него полной мощности.

1-4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД. ЗАКОН КУЛОНА

Электрический заряд q — свойство вещества испытывать силовое воздействие электромагнитного поля и участвовать в его создании. Единица измерения заряда 1 кулон (*к*) определяется силой взаимодействия зарядов в соответствии с законом Кулона.

Положительный и отрицательный заряд. Электрический заряд бывает двух видов: положительный и отрицательный (например, заряд электронов — отрицательный). Два заряда одного знака взаимно отталкиваются. Заряды разных знаков притягиваются.

Закон Кулона — два точечных электрических заряда q_1 и q_2 (*к*), расположенных на расстоянии r (*м*), взаимодействуют, притягиваясь или отталкиваясь электрической силой F, направленной вдоль прямой, проходящей через заряды,

$$F = \frac{0{,}0795\, q q_2}{\varepsilon \varepsilon_0 r^2}\ [н]. \qquad (1\text{-}10)$$

Диэлектрическая проницаемость *(относительная)* среды ε — коэффициент, характеризующий среду, ее поляризацию под действием поля (см. стр. 45); показывает, во сколько раз ослабляется средой электрическое поле (см. § 1-6), созданное электрическими зарядами, по сравнению с полем, создаваемым этими зарядами в пустоте.

Электрическая постоянная ε_0 — коэффициент в законе Кулона, равный $8,85 \cdot 10^{-12}$ *ф/м*. Раньше называлась абсолютной диэлектрической проницаемостью вакуума (пустоты).

Абсолютная диэлектрическая проницаемость среды — так называют произведение $\varepsilon\varepsilon_0$.

Таблица 1-1

Диэлектрические свойства изоляционных материалов

Материал	Диэлектрическая проницаемость ε	Пробивная напряженность в однородных электрических полях $E_{пр}$ (*кв/мм*)
Воздух	1,0	3 и более
Масло минеральное (трансформаторное)	2,2	5—20
Бумага конденсаторная пропитанная	3,7	30
Лавсан	3,1	—
Полихлорвинил	3,5	—
Органическое стекло (полиметилметакрилат)	3,5	20—30
Полиэтилен	2,3—2,4	—
Полистирол	2,4—2,6	100—150
Фторопласт	4	—
Каучук, резина	4—6	20—60
Миканит	5,2	15—20
Слюда	7,5	80—200
Стекло	6,5	10—40
Стеатит	6—6,5	150—200
Сегнетокерамика конденсаторная	До 6 000	—

1-5. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СИЛЫ

Электромагнитные силы — силы, воздействующие на заряд. Пропорциональны величине заряда. Нейтральные частицы, т. е частицы, не содержащие зарядов, не испытывают действия электромагнитных сил. Образуются суммой электрической и магнитной сил.

Электрическая сила F_E воздействует одинаково на неподвижный и движущийся заряды. Пример электрической силы — сила взаимодействия двух точечных зарядов (см. закон Кулона). В электрическом поле с напряженностью E (см. § 1-6) на заряд q (*к*) действует сила

$$F_E = qE \text{ [н]}, \tag{1-11}$$

направленная вдоль напряженности, если заряд положителен, и противоположно направлению напряженности, если он отрицателен.

Магнитная сила — электромагнитная сила, действие которой на заряд пропорционально его скорости и зависит от направления движения; на неподвижный заряд не действует. Обозначается $F_м$.

Магнитная сила, действующая на движущийся заряд (сила Лоренца). В магнитном поле с магнитной индукцией B ($вб/м^2$) (см. § 1-9) на заряд q ($к$), движущийся со скоростью v ($м/сек$), действует магнитная сила:

1) если заряд движется под прямым углом к направлению индукции,

$$F_м = qvB \ (н); \qquad (1\text{-}12)$$

2) если заряд движется под углом α к направлению индукции,

$$F_м = qvB \sin\alpha \ (н). \qquad (1\text{-}13)$$

Магнитная сила всегда перпендикулярна к направлению движения заряда и направлению магнитной индукции. Направление силы может быть определено по правилу левой руки (см. ниже).

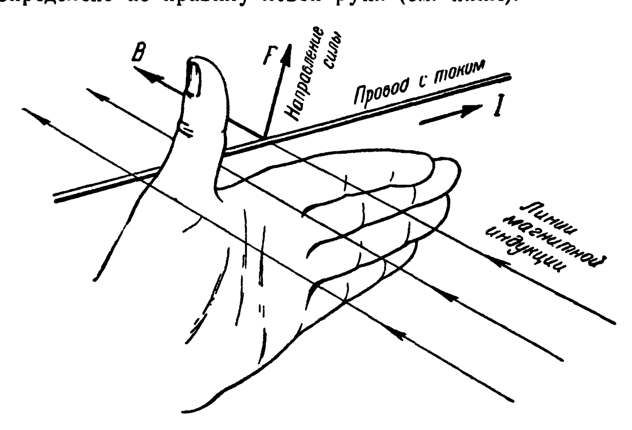


Рис. 1-6. Правило левой руки.

Магнитная сила действует также на тела, в которых движутся заряженные частицы: проводники с электрическим током, намагниченные тела.

Магнитная сила в магнитном поле с индукцией B ($вб/м^2$), действующая на проводник (на длине l, $м$) с током I, $а$ (пондеромоторная сила).

1) если провод перпендикулярен к направлению индукции,

$$F_м = IlB \ (н); \qquad (1\text{-}14)$$

2) если провод расположен под углом α к направлению индукции,

$$F_м = IlB \sin\alpha \ (н). \qquad (1\text{-}15)$$

Магнитная сила перпендикулярна к проводу и направлению магнитной индукции. Направление силы определяется по правилу левой руки.

Правило левой руки служит для определения направления магнитной силы. Если расположить ладонь левой руки вытянутыми пальцами вдоль направления движения заряда или направления электрического тока в проводе и повернуть ее при этом так, чтобы линии магнитной индукции входили в ладонь, то направление отогнутого большого пальца укажет направление силы (рис. 1-6).

1-6. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Электрическое поле — поле электрической силы.

Напряженность электрического поля — электрическая сила, с которой действует поле на помещенный в рассматриваемую точку заряд q («пробный заряд»), деленная на величину заряда. Характеризует по величине и направлению силовое действие поля. Обозначается E. Основная единица измерения вольт/метр (*в/м*). Напряженность поля 1 *в/м* соответствует полю, действующему с силой 1 *н* на заряд 1 *к*; 1 *в/м* = 1 *н/к*.

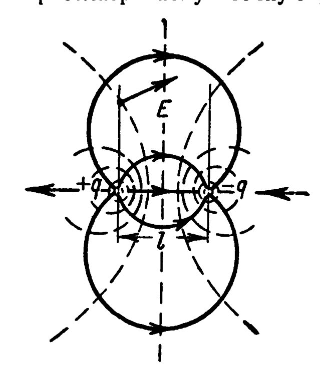


Рис. 1-8. Поле *диполя*.

Диполем называется система двух зарядов $+q$ и $-q$ (одинаковой величины и разных знаков), расположенных на расстоянии l. Величина $p = ql$ называется дипольным моментом. Напряженность поля диполя в точке зависит от расстояния до диполя (убывая вдали от диполя, как куб расстояния) и направления, в котором расположена по отношению к диполю рассматриваемая точка.

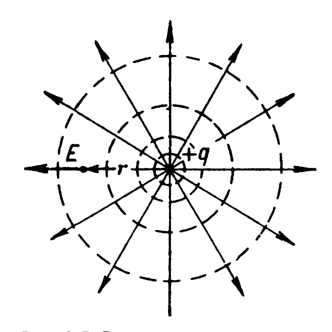


Рис. 1-7. Поле точечного заряда q. На расстоянии r (*м* поле

$$E = \frac{0{,}0795\, q}{\varepsilon\varepsilon_0 r^2}.$$

Напряженность электрического поля равна изменению электрического напряжения (см. § 1-7) на единицу длины силовой линии электрического поля.

Линия напряженности электрического поля (силовая линия) совпадает с направлением напряженности электрического поля в каждой точке. Линии напряженности начинаются на положительных зарядах и оканчиваются на отрицательных.

Электростатическое поле — электрическое поле, создаваемое неподвижными зарядами (рис. 1-7—1-9).

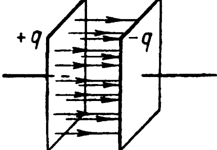


Рис. 1-9. Электрическое поле между заряженными пластинами.

1-7. НАПРЯЖЕНИЕ И ПОТЕНЦИАЛ

Электрическое напряжение между произвольными точкой *1* и точкой *2* пространства — работа силы поля при перемещении единичного положительного заряда из точки *1* в точку *2*. В электростатическом поле не зависит от формы пути перемещения. Обозначается u. Основная единица измерения 1 вольт (*в*). 1 *в* — это напряжение между

такими точками, при перемещении между которыми заряда в 1 *к* совершается работа в 1 *дж*.

1 000 *в* = 1 киловольт (*кв*). Одна тысячная вольта = 1 милливольт (*мв*). Микровольт (*мкв*) — одна миллионная вольта (одна тысячная милливольта).

При расположении точек *1* и *2* на расстоянии *l* вдоль силовой линии напряжение

$$U_{12} = \pm El. \qquad (1\text{-}16)$$

Знак плюс выбирается в том случае, когда перемещение из точки *1* в точку *2* совпадает с направлением силовой линии, а знак минус, — когда оно противоположно.

Работа электростатического поля при перемещении единицы заряда из точки *1* в точку *2* равна по абсолютной величине и обратна по знаку работе при обратном перемещении этого заряда (из точки *2* в точку *1*):

$$U_{12} = -U_{21}.$$

Потенциал электрического поля в произвольной точке *1* (обозначается φ_1) — электрическое напряжение между указанной точкой и некоторой выбранной точкой, называемой точкой нулевого потенциала, точкой нуля (0) или «землей»: $\varphi_1 = U_{10}$; так же как и напряжение, измеряется в вольтах.

В качестве точки нулевого потенциала («земли», точки 0) обычно принимают точку корпуса электрического прибора или другую характерную точку (например, катод при анализе работы электронной лампы). Часто, но не всегда, в качестве точки нулевого потенциала («земли») принимают точку на поверхности земли.

Напряжение между точками *1* и *2* равно разности потенциалов в точке *1* и в точке *2*:

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2; \qquad (1\text{-}17)$$

действительно, перемещая «пробный» единичный заряд из точки *1* в точку *2* через точку *0*, получим, складывая работу на различных участках пути,

$$U_{12} = U_{10} + U_{02} = U_{10} - U_{20} = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Равнопотенциальная (эквипотенциальная) поверхность электрического поля — поверхность, во всех точках которой поле имеет одинаковый потенциал; везде перпендикулярна силовым линиям поля. Равнопотенциальные поверхности на схемах электрических полей (рис. 1-7 и 1-8) показаны пунктирными линиями.

Работа электрической силы *A* при перемещении в электростатическом поле заряда *q* из точки *1* в точку *2* не зависит от формы пути и пропорциональна величине заряда и напряжению между точкой *1* и точкой *2*,

$$A = qU_{12}. \qquad (1\text{-}18)$$

1-8. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН АМПЕРА

Электрический ток *I* в проводе — заряд, переносимый в направлении стрелки через сечение провода в единицу времени.

Направление стрелки тока может быть выбрано произвольно. Электрический ток считается положительным, если положительный заряд переносится в направлении стрелки, и отрицательным, если положительный заряд переносится в направлении, противоположном стрелке.

Электрический ток создается при направленном движении под действием электрического поля подвижных заряженных частиц — электронов, ионов (см. § 1-13) — подвижных зарядов проводящего вещества (ток проводимости) или внесенных электрических зарядов (ток переноса, например ток в пустоте, образованный движением электронов, эмиттируемых катодом электронной лампы, — см. § 10-1).

Принятое в качестве положительного направления тока направление движения положительных зарядов — условно.

Для передачи электрического тока чаще всего используют цепи из металлических проводников. В металлическом проводе подвижными зарядами (носителями тока) являются отрицательно заряженные электроны, направление движения которых противоположно принятому положительному направлению тока. Отрицательно заряженные частицы, проходя через сечение провода согласно стрелке, образуют отрицательный ток.

Закон Ампера. Два параллельных провода с токами I_1 и I_2 (*а*) при расстоянии между проводами r (*м*), значительно меньшем длины проводов l (*м*), притягиваются (или отталкиваются), если токи имеют одинаковое (или встречное) направление, с магнитной силой

$$F=\frac{0{,}159\mu\mu_0 I_1 I_2 l}{r}. \tag{1-19}$$

Магнитная проницаемость среды (относительная) μ — характеристика среды, показывающая, во сколько раз увеличивается

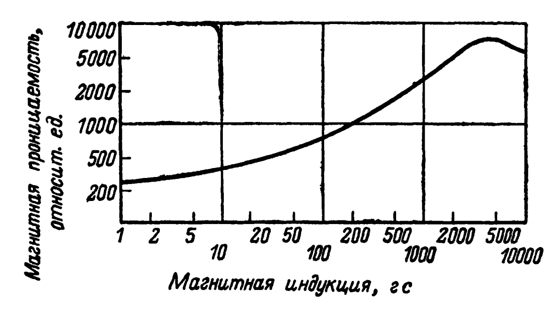


Рис. 1-10. Магнитная проницаемость электротехнической стали (в зависимости от величины магнитной индукции).

магнитная сила взаимодействия токов в среде по сравнению с силой их взаимодействия в пустоте.

Магнитная проницаемость среды показывает, во сколько раз усиливается магнитное поле (см. § 1-9), создаваемое любыми электрическими токами в однородной среде, по сравнению с магнитным полем, создаваемым этими же токами в пустоте. Большинство веществ имеет магнитную проницаемость, практически равную единице. Однако существует группа веществ (железо, никель, кобальт, их сплавы и соединения), в которых магнитная проницаемость очень велика (порядка 10, 100 и более). Такие вещества называют ферромагнитными.

Магнитная проницаемость ферромагнитных веществ зависит от магнитной индукции (рис. 1-10). В слабых магнитных полях проницаемость приблизительно постоянна и носит название начальной маг-

нитной проницаемости $\mu_{нач}$ (см. табл. 1-2). В более сильных полях проницаемость возрастает (см. рис. 1-10), достигает своего максимального значения $\mu_{макс}$ и затем спадает до очень малых значений. Последнее обстоятельство приводит к тому, что в практических устройствах магнитная индукция ферромагнитного вещества не может быть заметно больше некоторого максимального значения $B_{макс}$.

Таблица 1-2

Некоторые ферромагнитные материалы [1]

Наименование	Магнитная проницаемость		Максимальная индукция $B_{макс}$	Максимальная рабочая частота, *кгц*
	начальная $\mu_{нач}$	максимальная $\mu_{макс}$		
Железо техническое чистое (армко) марок:				
Э	250	3 500	21 800	—
ЭА	250	4 000	21 800	—
ЭАА	250	4 500	21 800	—
Сталь электротехническая:				
Э3А	—	1 200—4 000	—	20[2]
Э44	300—400	6 000—7 500	12 000	20[2]
Э47	300—400	6 000—7 500	12 000	20[2]
Пермаллой	12 000	100 000	13 700	20[2]
Мо-пермаллой	20 000	15 000	8 500	20[2]
65НП	10 000	100 000	13 000	20[2]
79НМ	40 000	600 000	8 500	20[2]
Прессованный магнетит	6—9	—	—	1 000
Альсифер Т4-60	60	—	—	10
Альсифер В4-30	30	—	—	50
Альсифер Р4-9	9	—	—	10 000
Карбонильное железо П-4	11	—	—	10 000
Никель-цинковые ферриты: Ф-100	100	—	—	15 000
Ф-250	250	—	—	6 000
Ф-400	400	800	2 300	3 000
Ф-600	600	—	2 400	1 500
Ф-1000	1 000	3 200	3 200	1 000
Ф-2000	2 000	—	—	500

[1] См. также § 13-4.

[2] При большей частоте поле практически не успевает проникать в материал и его проницаемость резко снижается.

Практическая при толщине листа 0,2—0,35 *мм*.

Магнитная постоянная μ_0 — коэффициент в законе Ампера. $\mu_0 = 1{,}26 \cdot 10^{-6}$ *гн/м*. Раньше эту величину называли абсолютной магнитной проницаемостью вакуума (пустоты).

Абсолютная магнитная проницаемость среды — так называют произведение $\mu\mu_0$.

1-9. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Магнитное поле — поле магнитной силы (см. § 1-1, 1-3); создается движущимися зарядами и электрическими токами. В технике часто используется магнитное поле, создаваемое магнитными телами (точнее, внутренними токами намагниченных тел).

Магнитная индукция B — вектор магнитной индукции — характеристика величины и направления магнитного поля. Направление указывается свободно поворачивающимся под действием магнитных сил северным концом магнитной стрелки. Величина определяется силой $F_м$ (*н*), с которой поле действует на отрезок провода (длиной l, *м*) с током I (*а*), помещенный под прямым углом к направлению магнитного поля $B = F_м/Il$. Единица измерения — вебер на квадратный метр (*вб/м²*).

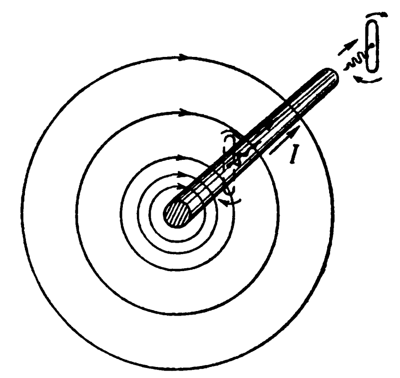


Рис. 1-11. Магнитное поле прямого линейного тока.

Силовые линии проходят в плоскости, перпендикулярной направлению тока, в виде концентрических окружностей. Направление линий магнитного поля определяется по правилу буравчика (правилу штопора или правого винта). Буравчик мысленно располагают вдоль провода, по которому проходит электрический ток, и начинают ввинчивать или вывинчивать, чтобы он смещался в направлении прохождения электрического тока. Направление вращения ручки буравчика при этом указывает направление силовых линий магнитного поля. На расстоянии r (*см*) от провода с током I (*а*) $H = 0{,}159 \frac{I}{r}$ [*а/см*].

Более мелкая единица — гаусс (*гс*). 10 000 *гс* = 1 *вб/м²*.

Линия магнитной индукции (линия магнитного поля — силовая линия магнитного поля) — линия вектора магнитной индукции. Линии магнитной индукции всегда замкнуты.

Магнитный поток Φ — поток вектора магнитной индукции (см. § 1-1). Единица измерения 1 вебер (*вб*) или 1 вольт-секунда (*в · сек*); 1 *вб* = 1 *в · сек*. Более мелкая единица — 1 максвелл (*мксв*) равна одной стомиллионной вебера.

Магнитный поток через площадку S (*м²*), расположенную перпендикулярно линиям магнитной индукции B (*вб/м²*), равен $\Phi = BS$ (*вб*). Чтобы вычислить магнитный поток в максвеллах, надо площадь S (*см²*) умножить на величину магнитной индукции B (*гс*): $\Phi = BS$ [*мксв*].

Магнитный поток витка — магнитный поток, пронизывающий поверхность, натянутую на виток; не зависит от формы поверхности.

Напряженность магнитного поля H — вектор, пропорциональный в неферромагнитной среде магнитной индукции $H = \frac{B}{\mu\mu_0}$ и совпадающий с ней по направлению. Понятие «напряженность магнитного поля» часто используется для характеристики магнитного поля вместо вектора магнитной индукции (рис. 1-11—1-13). Измеряется в амперах на метр (*а/м*). Более крупная единица измерения 1 ампер на сантиметр (*а/см*). 1 *а/см* = 100 *а/м*. Иногда используется единица эрстед (*э*). 1,25 *э* = 1 *а/см*. В немагнитной среде $B = \mu_0 H$.

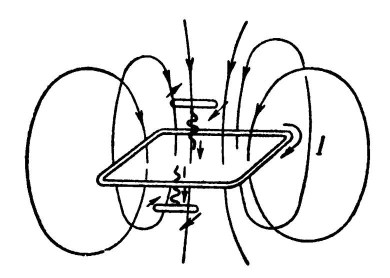


Рис. 1-12. Магнитное поле тока, проходящего по замкнутому контуру. Магнитные силовые линии пронизывают площадку, охватываемую током I (*а*), в одном направлении. Это направление можно определить по правилу буравчика. Располагаем мысленно буравчик в центре площади контура и вращаем его ручку по направлению тока. Направление индукции в площадке кольца совпадает при этом с направлением движения (ввинчивания или вывинчивания) буравчика. В центре кольцевого контура радиуса r (*см*)

$$H = \frac{I}{2r}\ (a/см).$$

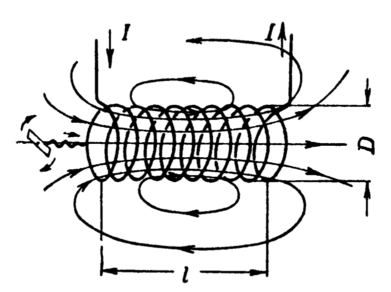


Рис. 1-13. Магнитное поле соленоида. Соленоид — катушка w витков провода (*обмотка*), служащая для получения магнитного поля. l — длина соленоида, *см*; D — диаметр обмотки, *см*. В средней части длинного соленоида (отношение l/D значительно больше единицы) поле приблизительно однородно и определяется произведением тока соленоида на число витков обмотки соленоида, приходящихся на единицу его длины, — числом ампер-витков на единицу длины. $H = \frac{Iw}{l}$ [*а/см*]. Направление определяется по правилу буравчика.

Магнитное поле намагниченных тел (*магнитов*). Свойством намагничиваться и создавать магнитное поле обладают ферромагнитные вещества. Одни ферромагнитные вещества намагничиваются главным образом под действием магнитного поля электрического тока, создаваемого с помощью специальных катушек (обмоток). Устройства, в которых используются магнитные поля ферромагнитных тел, намагничиваемых электрическими токами, называются электромагнитами. Некоторые ферромагнитные тела долго сохраняют свое намагниченное состояние после выключения электрического тока. Такие тела называют постоянными магнитами (рис. 1-14).

Северный полюс магнита — поверхность магнита, через которую выходят в окружающее пространство силовые линии создаваемого магнитом поля (обозначается С). Северный полюс отталкивает северный конец магнитной стрелки.

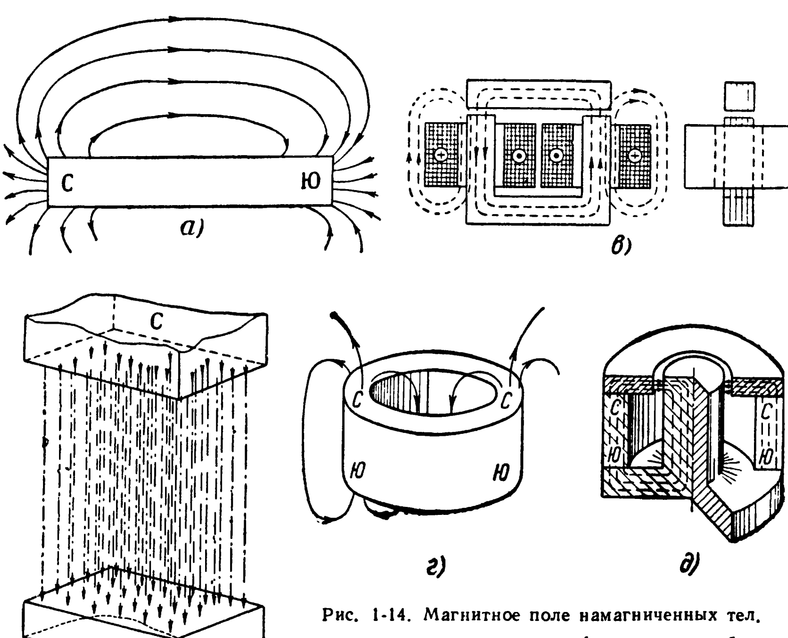


Рис. 1-14. Магнитное поле намагниченных тел.

а — поле постоянного магнита в форме стержня; *б* — поле между полюсами магнита; *в* — поле дроселя с намагниченным сердечником; *г* — кольцевой магнит динамического громкоговорителя; *д* — поле в кольцевом зазоре магнита динамического громкоговорителя.

Южный полюс магнита — поверхность магнита, через которую магнитные линии поля, создаваемого магнитом, входят в магнит (обозначается Ю). Северный конец магнитной стрелки притягивается к южному полюсу магнита.

1-10. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Потокосцепление контура Ψ — сумма магнитных потоков всех витков контура.

Потокосцепление витка (замкнутого контура) с магнитным полем совпадает с магнитным потоком, пронизывающим площадку, ограничиваемую витком (контуром). Обозначается Ψ (витка или контура). Измеряется в веберах (*вб*).

Потокосцепление катушки, имеющей w витков (площадь витка S, $м^2$) и размещенной вдоль линий индукции магнитного поля B ($вб/м^2$), Ψ (катушки) $= BSw$ (*вб*).

Электромагнитная индукция в контуре (в катушке) — наведение *(индуктирование)* э. д. с. индукции при изменении пото-

косцепления контура (или катушки). В качестве положительного направления э. д. с. в контуре принимают направление, в котором следует вращать буравчик, расположенный в плоскости площадки, ограниченной контуром (или внутри катушки), чтобы он смещался (ввинчивался или вывинчивался) в направлении, которое принято положительным для линий магнитной индукции.

Величина э. д. с. индукции равна при этом взятой с обратным знаком скорости изменения потокосцепления Ψ (*вб*),

$$\text{э. д. с.} = -\frac{d\Psi}{dt} [\text{в}]. \tag{1-20}$$

Самоиндукция

Самоиндукция контура (или катушки) — электромагнитная индукция контура (или катушки), вызванная изменением потокосцепления Ψ_L (контура катушки) с магнитным полем, создаваемым изменяющимся током i, протекающим в данном контуре (или в данной катушке).

Индуктивность L контура (катушки) — коэффициент пропорциональности между током i контура (катушки) и потокосцеплением Ψ_L (*вб*) его (ее) с магнитным полем, создаваемым этим током:

$$L = \frac{\Psi_L}{i}; \quad \Psi_L = Li. \tag{1-21}$$

Генри (*гн*) — единица измерения индуктивности. Индуктивностью в 1 *гн* обладает цепь, потокосцепление которой с собственным магнитным полем при протекании по ней электрического тока 1 *а* равно 1 *вб*.

Более мелкие единицы: миллигенри (*мгн*) — одна тысячная генри и микрогенри (*мкгн*) — одна тысячная миллигенри.

Индуктивность L является также коэффициентом пропорциональности между скоростью изменяющегося тока и наводимой э. д. с. в контуре (катушке). Поэтому единица генри может быть определена так же, как индуктивность такого контура, в котором возникает э. д. с., равная 1 *в*, при изменении электрического тока со скоростью 1 *а/сек*.

Электродвижущая сила самоиндукции (обозначается $э_L$) в контуре (катушке) с индуктивностью L (*гн*) в направлении, принятом в качестве положительного для изменяющегося тока i (*а*), пропорциональна скорости изменения этого тока,

$$э_L = -L\frac{di}{dt}. \tag{1-22}$$

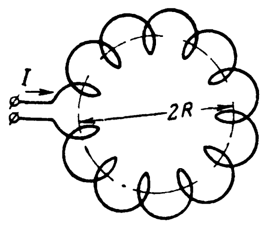


Рис. 1-15. Тороидальная катушка.

В цепях синусоидального тока I (*а*), имеющего угловую частоту ω (*рад/сек*), действующее значение индуктируемой синусоидальной э. д. с.

$$Э_L = -\omega LI = -6{,}28 fLI. \tag{1-23}$$

Индуктивность тороидальной катушки (рис. 1-15) при равномерной обмотке

$$L = 0{,}013\frac{\mu w^2 S}{l} [\text{мкгн}], \tag{1-24}$$

где w — число витков обмотки;
S — площадь одного витка, $см^2$.
l — средняя длина катушки (если известен средний радиус R ($см$) тороида, $l = 6{,}28\ R$), $см$;
μ — магнитная проницаемость сердечника катушки (см. ниже).

Для катушки без ферромагнитного сердечника $\mu = 1$.

Число витков w обмотки, обеспечивающее определенную величину индуктивности L ($мкгн$),

$$w = 9\,000 \sqrt{\frac{Ll}{\mu S}}. \qquad (1\text{-}25)$$

Индуктивность однослойной цилиндрической катушки без ферромагнитного сердечника (рис. 1-15) может быть приближенно вычислена по формуле для индуктивности тороидальной катушки. При этом l — длина обмотки катушки ($см$), $S = 0{,}8\ D^2$, где D — диаметр намотки ($см$). Формула дает ошибку, возрастающую при уменьшении отношения l/D. Более точная формула

$$L = \frac{0{,}2\ D^2 w^2}{9D + 20l}\ [мкгн]. \qquad (1\text{-}26)$$

Для многослойной катушки (рис. 1-16) применяют формулу, учитывающую толщину намотки b ($см$):

$$L = \frac{w^2 D^2}{50(D + 2l + 1{,}3bl/D)}\ [мкгн]. \qquad (1\text{-}27)$$

Рис 1-16. Многослойная электрическая катушка. D — средний диаметр катушки; b — толщина обмотки; l — длина катушки.

В высокочастотных цепях часто приходится учитывать индуктивность не только катушек, но и прямых проводов. Для грубой оценки индуктивность уединенных медных или алюминиевых проводов можно принять равной 2 $мкгн$ на 1 $м$ длины провода.

Катушка с ферромагнитным сердечником

Точный расчет индуктивности катушек (дросселей) с ферромагнитными сердечниками очень сложен. Вычисленные значения сильно зависят от параметров ферромагнитного сердечника, которые могут быть весьма различными даже для одной партии ферромагнитного материала. На практике используют обычно приближенные формулы (1-24) — (1-27), в которые нужно подставлять значение $\mu = \mu_{нач}$ при ожидаемых индукциях 10÷100 $гс$ и $\mu = \mu_{макс}$ при индукциях, близких к $B_{макс}$. Это оправдывается, во-первых, тем, что в радиотехнике и электротехнике для большинства дросселей и трансформаторов не требуется соблюдения очень точных значений индуктивности. Например, практически неважно, имеет ли дроссель сглаживающего фильтра (см. § 1-18) индуктивность 5 или 8 $гн$. Во-вторых, после предварительного расчета можно измерить индуктивность пробной катушки в рабочих условиях и путем изменения числа ее витков, величины воздушного

зазора или другим способом получить требуемую величину индуктивности.

Оценку величины индукции B катушки с индуктивностью L [*мкгн*] при токе I [*а*] можно произвести по формуле:

$$B = 100\frac{Li}{Sw}\ (гс). \tag{1-28}$$

Корректировка числа витков катушки. Если катушка должна иметь индуктивность L и по приближенным расчетам имеет w_1 витков, то более точное число w витков может быть получено по результатам измерения катушки в рабочих условиях. Если измеренное значение равно L_1, то для получения индуктивности L рекомендуется намотать катушку с числом витков

$$w = w_1\sqrt{\frac{L}{L_1}}. \tag{1-29}$$

Индуктивность дросселя с замкнутым сердечником без воздушного зазора при слабых переменных напряжениях практически не зависит от равномерности обмотки, и последняя может быть сконцентрирована в одном месте. Если сечение сердечника S (*см*^{2}) и длина средней силовой линии магнитной индукции в сердечнике l (*см*), то приблизительное значение индуктивности дросселя может быть вычислено по формуле (1-24).

Катушка с сердечником из листовой электротехнической стали с воздушным зазором длиной δ (*см*) имеет индуктивность, приблизительно равную (при сечении сердечника S, *см*^{2}):

$$L = \frac{1{,}3\,w^2S}{10^8\left(\delta + 1{,}1\,\frac{l}{\mu}\right)}\ [гн]. \tag{1-30}$$

Число 1,1 упрощенно учитывает линии магнитного поля, которые замыкаются вне магнитной цепи стали. Часто величина $1{,}1\,\frac{l}{\mu}$ значительно меньше δ. В последнем случае для определения числа витков служит приближенная формула

$$w = 9\,000\sqrt{\frac{L\delta}{S}}. \tag{1-31}$$

Индуктивность катушки с ферритовым сердечником или с сердечником из карбонильного железа (см. § 13-4). Сердечники предназначаются для увеличения индуктивности высокочастотных катушек; обычно характеризуются эффективной магнитной проницаемостью $\mu_д$, которая учитывает форму и материал сердечника (см. табл. 12-19). Индуктивность катушки с сердечником L может быть вычислена, если известна индуктивность $L_в$ такой же катушки без сердечника

$$L = \mu_д L_в. \tag{1-32}$$

Взаимная индукция. Трансформатор

Взаимная индукция электрической цепи *1* с электрической цепью *2* — электромагнитная индукция в цепи *1*, вызываемая изменением потокосцепления Ψ_{12} * (*вб*) этой цепи с магнитным полем, возбуждаемым током i_2 (*а*), протекающим во второй цепи.

Взаимная индуктивность M первого контура (катушки) со вторым контуром (катушкой) — коэффициент пропорциональности между потокосцеплением Ψ_{12} (*вб*) первого контура (катушки) с магнитным полем, создаваемым током i_2 (*а*) второго контура (катушки), и величиной этого тока (единица измерения генри),

$$M = \frac{\Psi_{12}}{i_2}\ [\text{гн}]. \qquad (1\text{-}33)$$

Взаимная индуктивность первого контура со вторым равняется взаимной индуктивности второго контура с первым.

Электродвижущая сила взаимной индукции (обозначается $э_{м1}$), наводимая в первом контуре (катушке) в направлении, принятом в качестве положительного для тока i_1 (*а*), пропорциональна скорости изменения тока i_2 (*а*) во втором контуре (во второй катушке),

$$э_{м1} = \mp M \frac{di_2}{dt}. \qquad (1\text{-}34)$$

Выбор знака определяется по общему правилу (см. стр. 34) и зависит от взаимного расположения контуров (катушек) в пространстве.

Коэффициент связи k двух контуров (катушек), имеющих индуктивности L_1 и L_2 и взаимную индуктивность M, определяется равенством $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$. Наибольшее значение коэффициента связи — единица.

1 1' 2 2'

Рис. 1-17. Высокочастотные индуктивно связанные катушки.

Взаимная индуктивность M двух изолированных обмоток из w_1 и w_2 витков, намотанных по длине l (*см*) на общем сердечнике сечением S (*см*^{2}) с эффективной магнитной проницаемостью $\mu_д$ (рис. 1-17), приблизительно равна:

$$M \approx 0{,}013 \frac{\mu_д w_1 w_2 S}{l}\ [\text{мкгн}]. \qquad (1\text{-}35)$$

Трансформатор — электромагнитное устройство, служащее для изменения (*трансформации*) напряжения в цепях переменного тока. Состоит из катушек (первичной обмотки трансформатора и вторичной обмотки), находящихся в индуктивной связи.

Коэффициент трансформации n — отношение напряжения U_{II} на вторичной обмотке трансформатора к напряжению U_I на первичной его обмотке. $n = U_{II}/U_I$. В хорошем трансформаторе (при близком к единице

* Читай «пси один-два».

коэффициенте связи) коэффициент трансформации приблизительно равен отношению чисел витков w_{II} и w_I соответственно вторичной и первичной обмоток.

$$n = \frac{w_{II}}{w_I}. \qquad (1\text{-}36)$$

Трансформаторы низкой частоты изготовляют на ферромагнитных сердечниках, служащих для увеличения коэффициента связи между обмотками трансформатора. Ферромагнитный сердечник для уменьшения

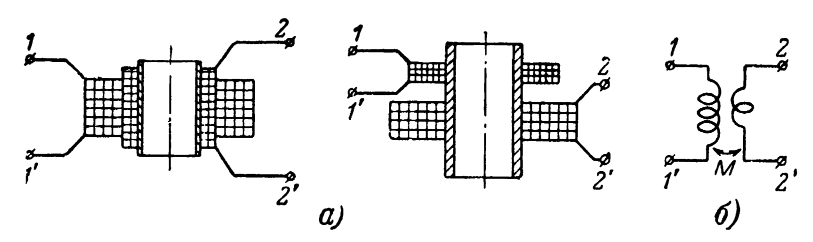


Рис. 1-18. Воздушные трансформаторы.
а — конструкции воздушных трансформаторов; *б* — изображение трансформатора на схеме.

потерь на вихревые токи выполняют в виде пакета из стандартных пластин (см. § 12-4). Сечение сердечника определяется мощностью нагрузки P_T (*вт*) и схемой включения нагрузки трансформатора, а также частотой переменного тока. Требуемое сечение сердечника S для трансформатора заданной мощности можно найти по табл 12-18.

Число витков первичной обмотки w_I определяют по формуле

$$w_I = \frac{U_I \cdot 10^8}{4{,}44\, f B_{макс} S}, \qquad (1\text{-}37)$$

где f — частота, *гц*,
U_I — напряжение питающей сети, *в*;
$B_{макс}$ — максимальное значение магнитной индукции в сердечнике, *гс*.

При изготовлении сердечников из листовой трансформаторной стали допускают $B_{макс} = 10\,000—12\,000$ *гс*. Тогда при частоте $f = 50$ *гц* и $B_{макс} = 10\,000$ *гс*

$$w_I = \frac{45 U_I}{S}, \qquad (1\text{-}38)$$

а при той же частоте и $B_{макс} = 12\,000$ *гс*

$$w_I = \frac{38\, U_I}{S}. \qquad (1\text{-}38')$$

Число витков вторичной обмотки w_{II} можно найти по аналогичным формулам:

при $B_{макс} = 10\,000$ *гс*

$$w_{II} = \frac{50\,U_{II}}{S};\qquad(1\text{-}39)$$

при $B_{макс} = 12\,000$ *гс*

$$w_{II} = \frac{42\,U_{II}}{S}.\qquad(1\text{-}39')$$

Необходимое сечение проводов обмоток определяют так.

Вычисляют токи в обмотках по мощности нагрузки трансформатора P_T

$$I_I = \frac{P_T}{U_I};\qquad(1\text{-}40)$$

$$I_{II} = \frac{P_T}{U_{II}}.\qquad(1\text{-}40')$$

Далее берут из табл. 12-18 величину плотности тока для выбранного размера сердечника трансформатора. Разделив величины токов в первичной и вторичной обмотках на плотность тока, получают требуемые сечения проводов обмоток. По табл. 13-1 определяют соответствующие этим сечениям диаметры проводов. Если нет провода данного сечения, нужно применить провод с ближайшим большим стандартным сечением, имеющимся в таблице.

1-11. ЕМКОСТЬ

Е м к о с т ь (обозначается C) — количественная характеристика свойства двух взаимно электрически изолированных проводников на-

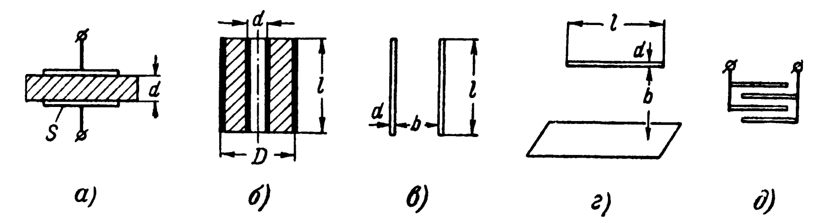


Рис. 1-19. Простейшие конденсаторы.

а — плоский конденсатор; *б* — цилиндрический конденсатор (в разрезе); *в* — конденсатор, образованный двумя параллельными проводами; *г* — провод вблизи проводящей поверхности; *д* — многослойный воздушный конденсатор.

капливать разноименные электрические заряды q (*к*) под действием включенного между ними источника напряжения U (*в*)

$$C = \frac{q}{U}\,[ф].\qquad(1\text{-}41)$$

Единица измерения — фарада (*ф*), равная отношению *к/в*. На практике применяются меньшие единицы: микрофарада (*мкф*) — одна мил-

лионная фарады; нанофарада (*нф*) — одна тысячная микрофарады и пикофарада (*пф*) — одна миллионная микрофарады.

Конденсатор — совокупность нескольких электрически изолированных проводников (обкладок), служащих для накапливания зарядов.

Плоский конденсатор — две плоские изолированные проводящие пластины. Если площадь каждой из пластин — S ($см^2$), расстояние между пластинами d (*мм*), диэлектрическая проницаемость изоляционной прокладки между пластинами — ε, то

$$C = 0{,}88\,\frac{\varepsilon S}{d}\ [пф]. \qquad (1\text{-}42)$$

Цилиндрический конденсатор — два соосных цилиндра длиной l (*см*), диаметрами d и D (*см*), разделенных изоляцией с проницаемостью ε (например, коаксиальный кабель). Имеет емкость

$$C = 0{,}24\,\frac{\varepsilon l}{\lg\frac{D}{d}}\ [пф]. \qquad (1\text{-}43)$$

Емкость двухпроводной воздушной линии длиной l (*см*), состоящей из двух параллельных проводов диаметром d (*мм*) на расстоянии b (*мм*),

$$C = 0{,}12\,\frac{l}{\lg\frac{2b}{d}}\ [пф]. \qquad (1\text{-}44)$$

Емкость провода диаметром d (*мм*), длиной l (*см*), расположенного на расстоянии b (*мм*) от плоской проводящей поверхности (например, земли),

$$C = 0{,}24\,\frac{l}{\lg\frac{4b}{d}}\ [пф]. \qquad (1\text{-}45)$$

Многослойный воздушный конденсатор с площадью S ($см^2$) каждой из n пластин и расстоянием между каждой парой пластин d (*мм*) имеет емкость

$$C = 0{,}88\,\frac{S(n-1)}{d}\ [пф]. \qquad (1\text{-}46)$$

При наличии диэлектрических прокладок между пластинами емкость увеличивается в ε раз.

1-12. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Электромагнитное поле — вид материи, характеризующейся своим силовым действием на заряды: напряженностью электрического поля и магнитной индукцией (или напряженностью магнитного поля).

Создается в пространстве зарядами. Заряды являются источниками поля. Поле может быть рассчитано, если задано движение всех создаю-

щих его зарядов. Может быть определено и измерено по действию на заряды, токи и т. п.

Существует объективно, независимо от наблюдателя (независимо от того, рассчитано оно или не рассчитано, внесены в него пробные заряды или не внесены).

Сравним электромагнитное поле с более привычными формами материи. К примеру, материальные объекты в виде твердых тел определяются плотностью вещества, имеют граничные поверхности (отделяющие тело от окружающего пространства). В отличие от твердых тел электромагнитное поле часто не имеет границ и непрерывно заполняет пространство. Оно в каждой точке определяется величиной и направлением напряженности своего электрического поля E и величиной и направлением магнитной индукции B (или напряженности H) своего магнитного поля.

Распространение электромагнитного поля. Изменение поля в пространстве происходит со скоростью, равной в пустоте приблизительно 300 000 *км/сек* (обозначаемой c). Эта скорость является наибольшей для распространения энергии любого вида.

Поясним явление распространения поля простым примером его установления в пространстве. Пусть поле создается электрическим диполем, заряды которого удерживаются на некотором расстоянии друг от друга. Предположим, что в некоторый момент времени были устранены силы, удерживающие заряды диполя на расстоянии, — заряды притянулись и взаимно нейтрализовались. После этого напряженность электрического поля в любой точке должна бы уменьшиться до нуля. Это уменьшение произойдет не сразу. Чем дальше от диполя находится точка, тем больше запаздывает изменение поля в этой точке. Подобным образом распространяется и магнитное поле при изменении создающих его токов.

$$\text{Время запаздывания поля} = \frac{\text{Расстояние от источника поля}}{\text{Скорость распространения поля}}.$$

В рассмотренном примере при изменении момента диполя происходило движение его зарядов, создающее сопровождающее магнитное поле. Ниже отмечен общий закон.

Взаимосвязь переменного электрического и магнитного полей. При всяком изменении электрического поля возникает одновременно магнитное поле, пропорциональное скорости изменения первого, и наоборот, любое изменение магнитного поля сопровождается возникновением электрического поля, величина которого пропорциональна скорости изменения магнитного поля.

Электромагнитная волна — распространяющееся в пространстве изменяющееся электромагнитное поле, в котором электрическое и магнитное поля взаимосвязаны определенным образом. Напряженности электрического и магнитного полей в электромагнитной волне направлены взаимно под прямым углом и лежат в плоскости, перпендикулярной направлению распространения электромагнитной волны.

Благодаря взаимосвязи электрического и магнитного полей энергия электромагнитной волны на больших расстояниях от зарядов не рассеивается, не переходит в другие формы энергии (например, энергию электростатического поля), а переносится волной полностью. Поэтому электромагнитные волны ослабляются на расстоянии сравнительно слабо.

Движение электромагнитной волны в пространстве напоминает разбегание волн на поверхности воды. При встрече с препятствием волна частично огибает его, частично отражается.

Волновое сопротивление $z_в$ — отношение напряженностей электрического и магнитного полей в произвольной точке электромагнитной волны в любой момент времени,

$$z_в = \frac{E_{волны}}{H_{волны}} \ [ом]. \tag{1-47}$$

Зависит от свойств среды, в которой распространяется волна. В однородной среде

$$z_в = \sqrt{\frac{\mu\mu_0}{\varepsilon\varepsilon_0}} \ [ом]. \tag{1-48}$$

В пустоте $z_в = 377$ *ом*.

Синусоидальная электромагнитная волна (*бегущая волна*) — электромагнитная волна, напряженности полей которой изменяются синусоидально в пространстве и во времени.

Стоячая электромагнитная волна образуется при сложении двух встречных бегущих синусоидальных электромагнитных волн одинаковой частоты и амплитуды. Получается обычно при отражении бегущей электромагнитной волны от проводящих поверхностей. В стоячей волне образуются зоны узлов и пучностей (максимумов) электрического и магнитного полей. В узлах стоячей волны напряженность поля всегда равна нулю. Узлы магнитного поля стоячей волны соответствуют максимумам амплитуды напряженности электрического поля и наоборот.

1-13. ОСНОВЫ СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

Заряженные элементарные частицы. Зарядом обладают электроны, протоны и многие другие элементарные частицы.

Электрон — одна из важнейших электроотрицательных частиц с наименьшим отрицательным электрическим зарядом (около $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ *к*). Масса электрона около $9 \cdot 10^{-28}$ *г*.

Атом — мельчайшая частица любого вещества. Нормально электрически не заряжен (нейтрален). Состоит из положительно заряженного ядра, окруженного облаком электронов — *электронной оболочкой*, компенсирующей его положительный заряд.

Поляризация атома — взаимное смещение под действием электрического поля положительных и отрицательных зарядов атома, превращающее нейтральный атом в электрический диполь.

Ион образуется: во-первых, после присоединения к нейтральному атому «избыточного» электрона (*отрицательный ион*); во-вторых, при уходе электрона с электронной оболочки атома (*положительный ион*).

Ионизация — процесс образования ионов. Ионизация вызывается действием тепла, света, космических лучей и т. д.

Твердое тело состоит из сильно взаимодействующих атомов или ионов. Силы взаимодействия атомов создают упругость и прочность твердых тел. Взаимодействуя, атомы (ионы) твердого тела удерживаются на определенных расстояниях друг от друга, образуя «жесткий каркас» твердого тела.

Металлические проводники — при взаимодействии атомов твердого металлического тела их электроны слабо удерживаются «своими» атомами, приобретая подвижность, способность перемещаться сквозь металлическое тело, образуя под действием электромагнитного поля электрический ток.

Удельное сопротивление материала ρ — характеристика способности материала проводить электрический ток. Удельное сопротивление проводника измеряется в *ом·мм²/м* — это сопротивление в омах (см. § 1-15) провода из данного проводника сечением 1 *мм²* и длиной 1 *м* (табл. 1-3). Удельное сопротивление диэлектриков и полупроводников значительно выше и измеряется в омах на сантиметр (*ом·см*).

$$1\ ом \cdot см = 10\,000\ ом \cdot мм^2/м.$$

Таблица 1-3

Электрические характеристики некоторых металлических проводников

Материал	Удельное сопротивление ρ, *ом·мм²/м*	Среднее значение температурного коэффициента от 0° С до 100° С
Алюминий	0,029	0,004
Бронза	0,021—0,4	0,004
Вольфрам	0,056	0,0046
Железо	0,13—0,3	0,006
Константан	0,48—0,52	0,000005
Медь	0,0175	0,004
Нихром	1,1	0,00015
Сталь	0,13—0,25	0,006
Фехраль	1,4	0,00028

Сопротивление R провода из проводникового материала — активное сопротивление провода (см. § 1-15). Сопротивление R равно удельному сопротивлению ρ (*ом·мм²/м*), умноженному на отношение длины l (*м*) провода к его сечению S (*мм²*):

$$R = \frac{\rho l}{S}\ [ом]. \tag{1-49}$$

Удельная проводимость материала — величина, обратная удельному сопротивлению материала (обозначается σ или γ),

$$\sigma = \gamma = \frac{1}{\rho}. \tag{1-50}$$

Поверхностный эффект — эффект ослабления переменного электромагнитного поля при его проникновении в толщу проводника электрического тока. Усиливается с ростом частоты. При высоких частотах приводит к тому, что электрический ток проходит только в поверхностном слое провода, куда проникает электрическое поле. Эффективное сечение провода тем самым уменьшается, что вызывает увеличение его сопротивления. Возрастание сопротивления может быть уменьшено путем использования пучка из достаточно тонких проводящих

изолированных друг от друга тел. Поверхностный эффект практически не сказывается в большинстве непроволочных сопротивлений.

Температурный коэффициент сопротивления измеряется относительным приращением сопротивления материала при нагревании его на 1° С (табл. 1-3).

Таблица 1-4

Удельное сопротивление некоторых электротехнических материалов

Материал	*ом · см*	Материал	*ом · см*
Слюда	$10^{18} - 10^{19}$	Масло минеральное (трансформаторное)	10^{12}—10^{18}
Стекло	$10^{11} - 10^{18}$		
Радиофарфор	$10^{11} - 10^{13}$		
Воздух	10^{16}	Вода водопроводная (московская)	$(3 \div 6) \cdot 10^{8}$
Парафин	10^{16}		
Полиэтилен	10^{16}	Вода дистиллированная	10^{5}
Органическое стекло	10^{16}		
Гетинакс	10^{16}	Германий чистый	65
Резина	10^{15}	Германий, легированный сурьмой (ГЛС-30)	24—36
Бумага конденсаторная, пропитанная церезином	10^{9}	Медь	$1{,}9 \cdot 10^{-6}$

Закон Джоуля — Ленца. При прохождении электрического тока I (*а*) по проводу, обладающему сопротивлением R (*ом*), в течение времени t (*сек*) выделяется тепло

$$Q = 0{,}24\ I^2Rt\ [\text{кал}]. \qquad (1\text{-}51)$$

Мощность P может быть выражена также через напряжение U (*в*) на сопротивлении:

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2R\ [\text{вт}]. \qquad (1\text{-}52)$$

Выделение тепла при прохождении тока используется в *плавких предохранителях*, применяемых для защиты электрических цепей от чрезмерно больших токов (например, при аварийных коротких замыканиях). При прохождении токов, превосходящих допустимый предел, происходит расплавление специальной легкоплавкой проволоки или пластинки предохранителя, приводящее к отключению электрической цепи.

Выделение тепла при прохождении электрического тока накладывает определение ограничения на *длительно допустимую плотность тока* в проводах и сопротивлениях (обычно около 1—10 *а/мм*²).

Номинальное значение мощности $P_н$ (*вт*) непроволочного или проволочного сопротивления R (*ом*) позволяет рассчитывать длительно допустимые значения величин: рабочего тока

$$I = \sqrt{\frac{P_н}{R}}\ [а] \qquad (1\text{-}53)$$

и напряжения на сопротивлении

$$U = \sqrt{P_н R}\ [в]. \qquad (1\text{-}54)$$

Диэлектрик — вещество, атомы и ионы которого прочно удерживают свои электрические заряды; диэлектрик плохо проводит электрический ток, который поддерживается обычно слабым движением его ионов (табл. 1-4).

Изолирующий материал, изолирующее вещество — диэлектрик, который используется для электрической изоляции проводников.

Поляризация диэлектрика — смещение зарядов его (электронов, ионов) под действием электрического поля. Приводит к появлению зарядов на поверхности тела диэлектрика, ослабляющих его внутреннее электрическое поле. Характеризуется диэлектрической проницаемостью вещества — ε (см. § 1-4).

Пробой диэлектрика — резкое уменьшение электрического сопротивления диэлектрика в сильных электрических полях. Вызывается нарушением связей заряженных частиц диэлектрика. После пробоя твердых диэлектриков их изолирующие свойства обычно не восстанавливаются.

Пробивная напряженность $E_{пр}$ — напряженность электрического поля, при которой наступает пробой диэлектрика. Определяет электрическую прочность диэлектрика.

Пробивное напряжение $U_{пр}$ — напряжение, при котором наступает пробой изоляции данного устройства.

Полупроводники — вещества, электропроводность которых занимает промежуточное положение по сравнению с проводниками и диэлектриками. Подвижные заряды образуются главным образом при ионизации. Поэтому электропроводность полупроводника сильно зависит от ионизирующих воздействий: тепла, света, космических лучей и т. д.

Дырочный и электронный процессы проводимости. Движение образовавшихся в результате ионизации зарядов в полупроводнике обычно отличается от сквозного движения ионов, которому препятствуют окружающие нейтральные атомы. Перемещение зарядов происходит чаще всего путем их передачи от одного атома к другому. Например, отрицательно зарядившийся ион при соударении с нейтральным атомом передает ему «избыточный» электрон. Так, от атома к атому продвигается свободный отрицательный заряд — *электрон*. Напротив, положительный ион отбирает при столкновении у соседнего нейтрального атома недостающий электрон. Этот атом в свою очередь становится положительным ионом. Такой ион как бы переносит *свободное место*, на которое может быть захвачен электрон. Поэтому подвижный положительный заряд в полупроводнике называют *дыркой*, а процесс проводимости, осуществляемый движущимися под действием электрического поля дырками, — *дырочной проводимостью*.

Примесные полупроводники получаются путем специальной технологической обработки полупроводников, образование подвижных зарядов в которых облегчено наличием неоднородных включений — «примесей». Примеси сильно сказываются на электрических свойствах полупроводника.

Полупроводник *p*-типа[1] (*дырочный*). «Примеси» сильнее удерживают электроны, порождая подвижные положительные дырки.

---

[1] Читай «пэ-типа».

Полупроводник n-типа[1] (*электронный*). «Примеси» (например, в виде атомов фосфора) легко отдают электроны. Подвижные дырки почти не образуются. Положительный заряд удерживается вблизи примесей. Подвижными зарядами являются электроны.

Б. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

1-14. ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Электрическая цепь — соединение проводов, приборов, устройств, предназначенных для создания, передачи и использования энергии электрического тока (рис. 1-20).

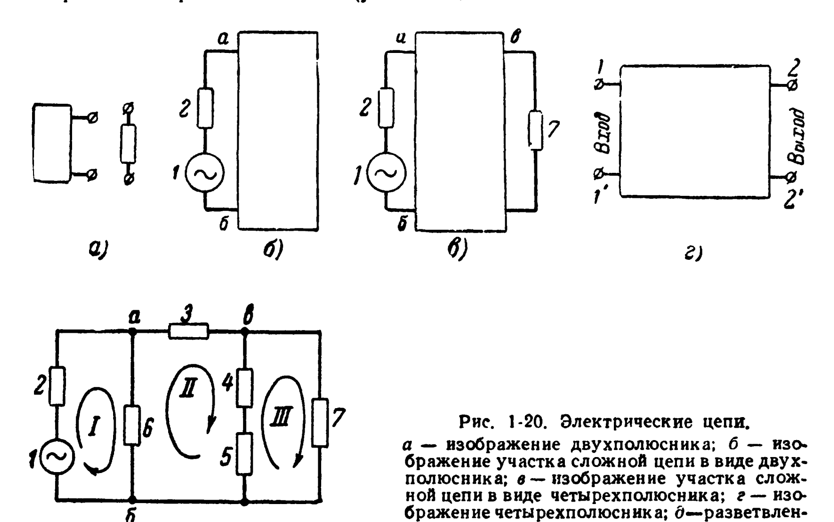


Рис. 1-20. Электрические цепи.

а — изображение двухполюсника; *б* — изображение участка сложной цепи в виде двухполюсника; *в* — изображение участка сложной цепи в виде четырехполюсника; *г* — изображение четырехполюсника; *д*—разветвленная электрическая цепь, которую можно рассматривать как четырехполюсник.

Генератор электрического тока (источник э. д. с.) — элемент или участок электрической цепи, предназначенный для создания энергии электрического тока путем преобразования в эту форму других видов энергии.

Приемник энергии (не путать с радиоприемником), нагрузка, потребитель — элемент электрической цепи, в котором происходит использование энергии электрического тока. Использование энергии может происходить путем преобразования ее в другие формы энергии (например, тепловую) либо путем передачи ее в другую электрическую цепь. В последнем случае приемник энергии является одновременно генератором для последующей электрической цепи.

[1] Читай «эн-типа».

Ветвь электрической цепи — неразветвленный участок цепи. Может состоять из нескольких элементов, включенных последовательно. Электрический ток вдоль ветви не меняется.

Последовательное включение элементов — включение элементов в одну ветвь (на рис. 1-20, *д* — элементы *4* и *5*). Электрический ток в последовательно включенных элементах одинаков.

Узел электрической цепи — точка цепи, в которой соединяются более двух элементов или ветвей. Примеры узлов: точки *а*, *б* и *в* схемы рис. 1-20, *д*.

Первое правило (Кирхгофа) расчета электрических цепей: сумма токов, притекающих к узлу, равна сумме токов, вытекающих из узла.

Электрический контур — замкнутая неразветвленная цепь или неразветвленный замкнутый участок цепи. На рис. 1-20, *д* обозначены контуры *I*, *II* и *III* сложной электрической цепи.

Параллельное включение элементов (ветвей) — включение нескольких элементов (ветвей) между общими узлами. Ветвь *4—5* и элемент *7* включены параллельно (элементы *4* и *7* не включены параллельно!). На параллельных элементах (ветвях) напряжение всегда одинаково.

Двухполюсник — элемент электрической цепи с двумя *зажимами* (*клеммами*, *полюсами*), называемыми *входом двухполюсника*

Может состоять из нескольких ветвей. Изображается на схемах, как показано на рис. 1-20, *а*. Сопротивления, конденсаторы — простейшие двухполюсники.

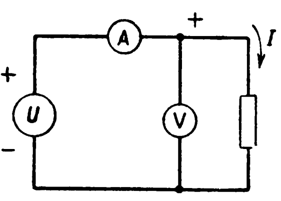


Рис. 1-21. Схема определения вольт-амперной характеристики.

Величина напряжения в цепи может изменяться. Ток и напряжение измеряются амперметром *A* и вольтметром *V*. Знаки плюс — минус указывают принятое положительное направление напряжения. Положительное направление тока указано стрелкой (в цепях переменного тока в согласии с выбранными положительными направлениями мгновенные значения тока и напряжения могут принимать поочередно положительные и отрицательные значения).

Четырехполюсник — электрическая цепь с двумя парами зажимов (полюсов): входными зажимами (*входом четырехполюсника*) и выходными зажимами (*выходом*). Четырехполюсником является любая электрическая схема, служащая для передачи электрической энергии от генератора к приемнику энергии (нагрузке) (рис. 1-20, *в* и *г*). К входным зажимам четырехполюсника подключается генератор, к выходным зажимам — нагрузка. Простейшим четырехполюсником являются два электрических провода, с помощью которых генератор подключается к нагрузке. Подробнее см. § 1-18, 1-19.

Вольт-амперная характеристика двухполюсника — характеристика, показывающая, как изменяется значение тока двухполюсника при изменении значения напряжения на его зажимах. В цепях переменного тока вольт-амперная характеристика связывает между собой действующие значения тока и напряжения. Обычно определяется при синусоидальной форме напряжения или тока и зависит, вообще говоря, от частоты изменения тока (напряжечия) (рис. 1-21).

1-15. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ

Линейный двухполюсник — двухполюсник с линейной вольт-амперной характеристикой. (При синусоидальном изменении тока в линейной цепи напряжение изменяется также синусоидально.) Прямая, являющаяся вольт-амперной характеристикой, может проходить через начало координат (*пассивный двухполюсник*) или не проходить (*активный двухполюсник*).

Источник напряжения — активный двухполюсник, напряжение между зажимами которого не зависит от действующего значения тока двухполюсника. Источник напряжения частоты ω поддерживает на своих зажимах напряжение $u = U\sqrt{2}\ \sin\ (\omega t + \varphi_0)$. Обозначается в виде

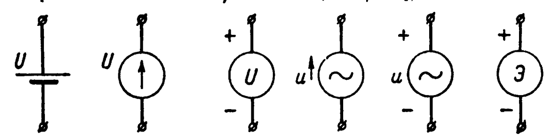


Рис. 1-22. Изображение источников напряжения.

кружка со стрелкой или знаками плюс—минус, указывающими принятое положительное направление напряжения (рис. 1-22).

В цепях синусоидального тока в согласии с выбранным положительным направлением напряжения мгновенные значения напряжения будут принимать поочередно (через полупериод) положительные и отрицательные значения.

Напряжение на зажимах источника напряжения при отсутствии тока в нем часто называют его *электродвижущей силой* — э. д. с. и обозначают $Э$ или E (вместо U).

Линейное сопротивление (пассивный линейный двухполюсник) — двухполюсник, действующее значение напряжения между зажимами которого пропорционально действующему значению тока. В случае цепей синусоидального тока сдвиг фазы между током и напряжением в линейном двухполюснике не зависит от амплитуды напряжения (тока) и носит название фазы, или фазового угла сопротивления, или, наконец, просто угла сопротивления. Угол сопротивления обозначается φ (или $\angle\varphi$). Он показывает, на сколько градусов (или радиан) отстает по фазе ток от напряжения в линейном сопротивлении.

Модуль сопротивления z — коэффициент пропорциональности между действующими значениями тока и напряжения на линейном сопротивлении.

Измеряется в омах (*ом*). Сопротивлением 1 *ом* обладает такое линейное сопротивление, в котором под действием эффективного напряжения 1 *в* проходит ток 1 *а*. 1 *ом* = 1 *в/а*. Более крупные единицы: килоом (*ком*) — тысяча ом; мегом (*Мом*) — миллион ом.

В цепях переменного тока модуль сопротивления, как и его фаза, может зависеть от частоты.

Полное сопротивление Z — характеристика линейного сопротивления, составленная из двух параметров (комплексная характеристика): модуля сопротивления z и угла сопротивления $\angle\varphi$,

$$Z = z\angle\varphi. \tag{1-55}$$

В цепях постоянного тока понятия фазы и сдвига фаз теряют смысл. Полное сопротивление в цепях постоянного тока определяется только модулем и обозначается R.

Закон Ома — закон, выражающий пропорциональность действующих значений тока и напряжения для линейных сопротивлений:

$$U = Iz; \quad I = \frac{U}{z}; \quad z = \frac{U}{I}. \tag{1-56}$$

Закон Ома в цепях *постоянного* тока:

$$U = IR; \quad I = \frac{U}{R}; \quad R = \frac{U}{I}. \tag{1-57}$$

Активное сопротивление — сопротивление, угол которого равен нулю. Обозначается R или r. Ток в активном сопротивлении совпадает по фазе с напряжением на его зажимах.

Реактивное сопротивление — сопротивление, фазовый угол которого равен $\pm$ 90°. Синусоиды тока и напряжения находятся в квадратуре (см. рис. 1-3, *б*).

Индуктивное сопротивление — реактивное сопротивление, в котором ток отстает по фазе от напряжения. Модуль индуктивного сопротивления обозначается x_L. Сопротивление индуктивности L (*гн*) пропорционально угловой частоте ω (*рад/сек*):

$$x_L = \omega L \, [ом]. \tag{1-58}$$

В качестве индуктивных сопротивлений обычно используются катушки (часто с ферромагнитным сердечником для увеличения индуктивности, см. § 1-11).

Емкостное сопротивление — реактивное сопротивление, в котором напряжение отстает по фазе от тока. Модуль емкостного сопротивления обозначается x_C.

Сопротивление емкости C (*ф*) обратно пропорционально частоте:

$$x_C = \frac{1}{\omega C} \, [ом]. \tag{1-59}$$

При частоте f (*кгц*) емкость C (*мкф*) имеет сопротивление $x_C = 159 \frac{1}{fC} \, [ом]$. Формула не изменится, если C измерять в нанофарадах и частоту в мегагерцах.

В качестве емкостных сопротивлений обычно используются разнообразные конденсаторы (см. § 1-12).

Проводимость — величина, обратная сопротивлению (обозначается Y). Единица измерения — единица, деленная на ом $\left(\frac{1}{ом}\right)$ — „обратный ом", которую иногда называют «мо» или «сименс». Микромо (*мкмо*), одна миллионная мо. Модуль проводимости $y = \frac{1}{z}$. Угол проводимости равен по величине и противоположен по знаку углу сопротивления.

Линейный генератор, активный линейный двухполюсник — линейный двухполюсник, вольт-амперная характеристика которого не проходит через начало координат. При нуле-

вом напряжении на зажимах активного двухполюсника (короткое замыкание) через генератор идет ток короткого замыкания. При нулевом токе через двухполюсник (холостой ход) между его зажимами напряжение отлично от нуля. Простейший линейный генератор может быть изображен как последовательно включенные источники э. д. с. и линейное сопротивление (рис. 1-23)

Электродвижущая сила — э. д. с. линейного двухполюсника — напряжение между зажимами двухполюсника при равном нулю токе через двухполюсник. Обозначается *Э*. Измеряется в единицах напряжения — вольтах. Может быть определена с помощью высокоомного вольтметра на разомкнутых зажимах двухполюсника (опыт холостого хода).

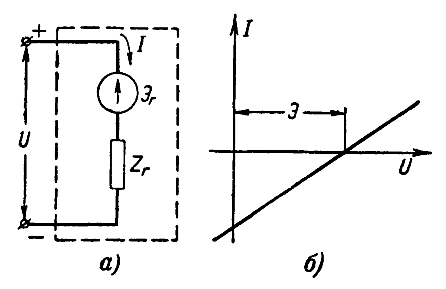


Рис. 1-23. Вольт-амперная характеристика линейного генератора, состоящего из последовательных источника э. д. с. и линейного сопротивления.

а — схема определения вольт-амперной характеристики; *б* — вольт-амперная характеристика.

Эквивалентный генератор, — всякий активный двухполюсник может быть представлен в виде источника напряжения, равного э. д. с. двухполюсника, и линейного сопротивления, называемого *внутренним* или *входным сопротивлением* двухполюсника (генератора).

Второе правило (Кирхгофа) расчета электрической цепи: сумма э. д. с. в замкнутом контуре любой электрической цепи равняется сумме падений напряжения на элементах контура Электродвижущие силы берутся со знаком плюс (минус) в зависимости от того, совпадает ли (противоположно) их положительное направление с направлением обхода контура. Падение напряжения на отдельных линейных сопротивлениях определяется по закону Ома и берется со знаком плюс (минус) при совпадении (несовпадении) принятого за положительное направления тока в рассматриваемом линейном сопротивлении с направлением обхода контура.

Сумма э. д. с. и падений напряжения на элементах контура образуется с учетом фаз э. д. с. и углов сопротивлений элементов. Задача суммирования падений напряжения упрощается в практически важном случае, когда все пассивные элементы цепи являются активными сопротивлениями и все источники э. д. с. находятся в одинаковых фазах. В этом случае сумма падений напряжения является алгебраической суммой величин, причем фазы всех токов и э. д. с. также совпадают.

Расчет разветвленной цепи по правилам Кирхгофа — определение электрических токов во всех ветвях электрической цепи. Порядок расчета следующий. Заранее произвольно обозначают неизвестные токи в отдельных ветвях цепи и фиксируют их положительные направления (произвольно) стрелками. При этом следует помнить, что токи в последовательных элементах одинаковы.

Перед составлением уравнения по второму правилу Кирхгофа произвольно выбирают и указывают стрелкой направления обхода контуров. Для расчета цепи выбирают контуры так, чтобы каждый

последующий контур содержал минимум одну ветвь, не входившую ни в один из уже выбранных. Число уравнений должно равняться числу неизвестных токов. Недостающие уравнения составляют по первому правилу Кирхгофа. Неизвестные токи определяют путем совместного решения написанных уравнений.

Пример. Измерение напряжения в высокоомных электрических цепях. При измерении распределения напряжения в высокоомных цепях необходимо пользоваться вольтметрами с достаточно высоким внутренним сопротивлением, превосходящим (по крайней мере в 10—20 раз) сопротивления элементов цепи, на которых предусматривается измерение падений напряжения (рис. 1-24).

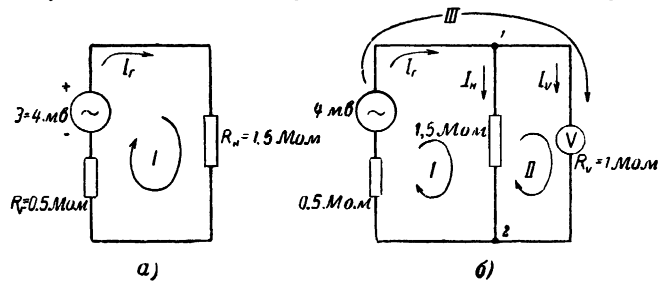


Рис. 1-24. Измерение падения напряжения на сопротивлении $R_н$.

Рассчитаем с помощью правил Кирхгофа, как изменяет режим электрической цепи (рис. 1-24) подключение к сопротивлению $R_н$ вольтметра с внутренним сопротивлением $R_V = 1$ *Мом*. До включения вольтметра цепь состоит из одного контура (рис. 1-24, *а*). Неизвестный ток $I_г$ определяется по второму правилу Кирхгофа.

$$Э = I_г R_н + I_г R_г,$$

т. е.

$$4 \text{ мв} = I_г \cdot 0{,}5 \text{ Мом} + I_г \cdot 1{,}5 \text{ Мом}.$$

Решаем уравнение $I_г = \dfrac{0{,}004 \text{ в}}{(0{,}5 + 1{,}5) \text{ Мом}} = 0{,}002$ *мка*.

Напряжение $U_н$ на сопротивлении $R_н$ определяем по закону Ома:

$$U_н = I_н R_н = 0{,}002 \text{ мка} \cdot 1{,}5 \text{ Мом} = 0{,}003 \text{ в} = 3 \text{ мв}.$$

После включения вольтметра образуется электрическая цепь, состоящая из трех различных ветвей (рис. 1-24, *б*): ветви генератора (с неизвестным током $I_г$), ветви нагрузки (с током $I_н$) и ветви вольтметра (с током I_V). Выберем для расчета контуры *I* и *II*. По второму правилу Кирхгофа

для контура *I*

$4 \text{ мв} = I_н \cdot 1{,}5 \text{ Мом} + I_г \cdot 0{,}5 \text{ Мом};$

для контура *II*

$0 = -I_н \cdot 1{,}5 \text{ Мом} + I_V \cdot 1 \text{ Мом}.$

В контуре *II* сумма э. д. с. равна нулю (в контуре нет источников напряжения); падение напряжения на сопротивлении $R_н$ берется с минус-

сом (направление тока в сопротивлении $R_н$ противоположно направлению обхода контура *II*).

В цепи три неизвестных тока. Недостающее третье уравнение составляем по первому правилу Кирхгофа для узла *1* (контур *III* не содержит ни одной ветви, не входящей в контур *I* или *II*).

Для узла *1* ток $I_г = I_н + I_V$.

Из написанной системы уравнений определяем $I_н = \frac{2 \times 4\ мв}{5{,}5\ Мом} = 0{,}00145$ *мка*. Напряжение на сопротивлении $R_н$, измеряемое вольтметром, по закону Ома $U'_н = I_н R_н = 0{,}00145 \cdot 1{,}5\ Мом = 0{,}00218\ в = 2{,}18\ мв$. Измеренное значение $U'_н$ отличается от рабочего напряжения $U_н$ более чем на 30%.

1-16. ЭНЕРГИЯ И МОЩНОСТЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

Мощность (см. § 1-3), рассеиваемая при прохождении электрического тока I (*а*) из точки *1* в точку *2* при напряжении U_{12} (*в*) (между точками *1* и *2*), зависит от косинуса угла фазового сдвига ($\cos\varphi$) между током и напряжением и равняется произведению тока на напряжение и на $\cos\varphi$ (обозначается P). Основная единица измерения мощности 1 *вт*.

$$P = U_{12} I \cos\varphi\ [вт]. \quad (1\text{-}60)$$

Энергия, рассеиваемая в активном сопротивлении R (*ом*) ($\cos\varphi = 1$), затрачивается на нагревание сопротивления и окружающих тел:

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2 R. \quad (1\text{-}61)$$

Величина рассеиваемой в форме тепла энергии определяется законом Джоуля — Ленца (см. § 1-13).

Коэффициент мощности, косинус «фи» ($\cos\varphi$) — характеристика рассеяния энергии в электрической цепи.

Мгновенная мощность в участке цепи между точками *1* и *2* — мощность, рассеиваемая (или генерируемая) и накапливаемая в рассматриваемый момент времени в данном участке цепи. Обозначается p. При прохождении в данный момент из точки *1* в точку *2* тока i (*а*) при мгновенном значении напряжения между точкой *1* и точкой *2* u_{12} (*в*)

$$p = u_{12}\, i\ [вт]. \quad (1\text{-}62)$$

Энергия W_L, накопленная в цепи индуктивностью L (*гн*) при прохождении по ней в данный момент времени тока i (*а*),

$$W_L = \frac{Li^2}{2} = \frac{\Psi_L i}{2}\ [вт \cdot сек]. \quad (1\text{-}63)$$

При прохождении по катушке индуктивности (без потерь) переменного тока энергия не рассеивается ($\cos\varphi = 0$, $P = 0$), а накапливается в катушке индуктивности в течение четверти периода и затем вновь отдается в электрическую цепь в следующую четверть периода.

Энергия W_C, запасенная в конденсаторе емкостью C (*ф*), заряженном в данный момент до напряжения u (*в*) зарядом q (*к*),

$$W_C = \frac{Cu^2}{2} = \frac{qu}{2} = \frac{q^2}{2C} \ [вт \cdot сек]. \qquad (1\text{-}64)$$

При прохождении через конденсатор (без потерь) синусоидального тока энергия, не рассеиваясь в течение четверти периода, накапливается в емкости (заряд емкости) и в следующую четверть периода возвращается в электрическую цепь (разряд емкости).

Реактивная мощность Q — характеристика переходов (колебаний) энергии в электрических цепях, происходящих благодаря наличию реактивных элементов — индуктивности и емкости. Измеряется в вольт-амперах (*ва*). При прохождении по цепи тока I (*а*) с частотой ω (*рад/сек*) под действием напряжения U (*в*) при сдвиге фаз между током и напряжением на угол φ

$$Q = UI \sin \varphi. \qquad (1\text{-}65)$$

В индуктивности

$$Q = UI = \omega L I^2, \qquad (1\text{-}66)$$

в емкости

$$Q = -UI = -\omega C U^2. \qquad (1\text{-}67)$$

Мощность, рассеиваемая в катушке индуктивности, дросселе, конденсаторе, отлична от нуля. Потери вызываются рассеянием энергии в активных сопротивлениях обмоток и токоподводов, нагреванием перемагничивающихся сердечников катушек и диэлектриков конденсаторов. Наличие потерь приводит к тому, что в реальных реактивных элементах угол сдвига фаз между током и напряжением отличен от 90°.

Угол потерь δ — угол, дополняющий фазовый угол сопротивления реального реактивного элемента до ± 90°. Тангенс угла потерь характеризует рассеяние энергии в реальном элементе; при заданной реактивной мощности Q (*ва*)

$$P = Q \operatorname{tg} \delta. \qquad (1\text{-}68)$$

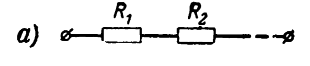


Рис. 1-25. Последовательное включение элементов.

Последовательно включены: *а* — активные сопротивления; *б* — индуктивности; *в* — емкости.

1-17. ПРОСТЕЙШИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Общее сопротивление R последовательных активных сопротивлений (рис. 1-25, *а*) R_1, R_2, R_3 равно сумме их сопротивлений:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots \qquad (1\text{-}69)$$

Общая индуктивность (L) последовательных индуктивностей (рис. 1-25, *б*) L_1, L_2, ... равна их сумме:

$$L = L_1 + L_2 + \ldots \qquad (1\text{-}70)$$

О б щ а я е м к о с т ь (C) последовательных емкостей (рис. 1-25, *в*) C_1, C_2, . . .

$$C=\frac{1}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\dots}. \tag{1-71}$$

При включении числа n одинаковых емкостей C_1 общая емкость цепи

$$C=\frac{C_1}{n}. \tag{1-72}$$

При включении последовательно двух емкостей C_1 и C_2 общая емкость

$$C=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}. \tag{1-73}$$

С о п р о т и в л е н и е (R) п а р а л л е л ь н ы х а к т и в н ы х с о п р о т и в л е н и й R_1, R_2, . . . (рис. 1-26, *а*)

$$R=\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\dots}. \tag{1-74}$$

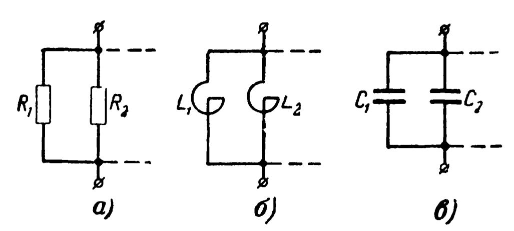


Рис. 1-26. Параллельное включение элементов.
Параллельно включены: *а* — активные сопротивления; *б* — индуктивности; *в* — емкости.

В случае двух параллельных сопротивлений (R_1 и R_2)

$$R=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}. \tag{1-75}$$

При включении n равных сопротивлений R_1 общее сопротивление цепи

$$R=\frac{R_1}{n}. \tag{1-76}$$

И н д у к т и в н о с т ь параллельных индуктивностей (рис. 1-26, *б*) L_1, L_2, ...

$$L=\frac{1}{\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}+\dots}. \tag{1-77}$$

Емкость C параллельно включенных емкостей (рис. 1-26, *в*) C_1, C_2,... равна их сумме:

$$C = C_1 + C_2 + \dots \qquad (1\text{-}78)$$

Сопротивление последовательной цепи (рис. 1-27), имеющей активное сопротивление R, индуктивное сопротивление x_L и емкостное сопротивление x_C (сопротивление цепи RLC), $Z = Z\angle\varphi$. Модуль и косинус угла сопротивления:

$$\left.\begin{aligned} z &= \sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}; \\ \cos\varphi &= \frac{R}{z}. \end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}79)$$

Рис. 1-27. Последовательная RLC-цепь.

Знак угла сопротивления совпадает со знаком выражения $x_L - x_C$.

При определении сопротивления сложной последовательной цепи следует иметь в виду, что последовательные элементы неразветвленной цепи можно менять местами, при этом электрический режим цепи не меняется. Так, все схемы рис. 1-28 эквивалентны.

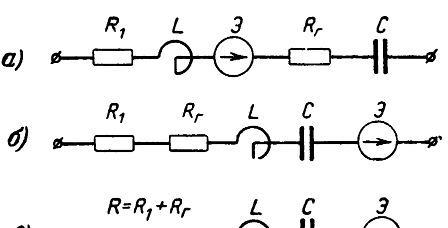


Рис. 1-28. Эквивалентные электрические схемы. Двухполюсники *а*, *б*, *в* имеют одинаковые вольт-амперные характеристики, одинаковые э. д. с. и одинаковые сопротивления при любых частотах.

Закон Ома для неразветвленной цепи. При включении источника напряжения U (*в*) в замкнутой последовательной цепи, имеющей общее сопротивление z (*ом*), ток определяется выражением

$$I = \frac{U}{z} [a]. \qquad (1\text{-}80)$$

Ток отстает по фазе от напряжения на угол φ.

Балластное *(гасящее)* сопротивление — сопротивление, включаемое последовательно с потребителем. Применяется для уменьшения напряжения $U_н$, подводимого к потребителю: часть напряжения схемы U падает (гасится) на балластном сопротивлении. Для уменьшения потерь энергии в балластном сопротивлении предпочтительнее использовать конденсаторы или катушки индуктивности. В важном практически случае активного сопротивления нагрузки — $R_н$ балластное сопротивление может быть рассчитанно по следующим формулам (в которых принято: f — частота, *гц*; $R_б$, $C_б$, $L_б$ — соответственно сопротивление, *ом*, емкость, *мкф*, или индуктивность, *гн*, выбранного балластного сопротивления):

активное балластное сопротивление

$$R_б = R_н \frac{U - U_н}{U_н}; \qquad (1\text{-}81)$$

индуктивное балластное сопротивление

$$L_б = \frac{R_н}{6{,}28f} \sqrt{\left(\frac{U}{U_н}\right)^2 - 1}; \qquad (1\text{-}82)$$

емкостное балластное сопротивление

$$C_б = \frac{159\,000}{R_н f}\sqrt{\frac{U_н^2}{U^2 - U_н^2}}. \qquad (1\text{-}83)$$

Схема деления напряжения — схема, позволяющая подать на нагрузку определенную часть напряжения генератора.

Обычно собирается из элементов одного вида (активных сопротивлений, индуктивностей или емкостей) (рис. 1-29). Условие правильной

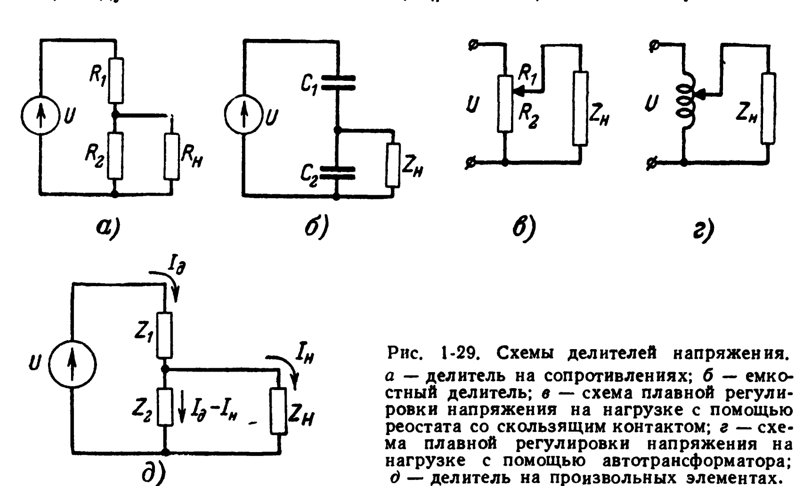


Рис. 1-29. Схемы делителей напряжения.
а — делитель на сопротивлениях; *б* — емкостный делитель; *в* — схема плавной регулировки напряжения на нагрузке с помощью реостата со скользящим контактом; *г* — схема плавной регулировки напряжения на нагрузке с помощью автотрансформатора; *д* — делитель на произвольных элементах.

работы делителя: модуль сопротивления нагрузки $z_н$ значительно больше модуля z_2 шунтируемого им сопротивления делителя. В этом случае при расчете схемы током $I_н$, ответвляющимся в нагрузку, можно пренебречь (по сравнению с током $I_д$) и считать цепь делителя неразветвленной. Ток $I_д$ делителя на сопротивлениях определяется по закону Ома для неразветвленной цепи:

$$I_д = \frac{U}{R_1 + R_2}. \qquad (1\text{-}84)$$

Напряжение на нагрузке (по закону Ома)

$$U_н = I_д R_2 = \frac{UR_2}{R_1 + R_2}. \qquad (1\text{-}85)$$

Напряжение делится в отношении

$$\frac{U_н}{U} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}. \qquad (1\text{-}86)$$

В цепях переменного тока обычно предпочтительнее использование реактивных делителей в связи с меньшими потерями энергии в реактивных элементах.

В емкостном делителе напряжение делится в отношении

$$\frac{U_н}{U} = \frac{C_1}{C_1 + C_2}; \qquad (1\text{-}87)$$

в индуктивном делителе — в отношении

$$\frac{U_н}{U} = \frac{L_2}{L_1 + L_2}. \qquad (1\text{-}88)$$

Резонансный контур — контур, содержащий индуктивность и емкость (рис. 1-30, *а*). Особенный интерес представляют резонансные контуры с малыми потерями энергии, активное сопротивление которых мало.

Добротность резонансного контура — безразмерная величина, характеризующая относительную величину потерь контура. Обозначается Q (не путать с реактивной мощностью). В RLC-контуре вблизи резонансной частоты

$$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}. \qquad (1\text{-}89)$$

В радиотехнике обычно используются контуры с высокой добротностью — 20 и больше.

Затухание контура $\operatorname{tg}\delta$ (не путать с затуханием четырехполюсника) — безразмерная величина, обратная добротности. В резонансном последовательном контуре вблизи резонансной частоты

$$\operatorname{tg}\delta = R\sqrt{\frac{C}{L}}. \qquad (1\text{-}90)$$

Резонансная частота, собственная частота контура — частота (обозначается $f_р$), при которой индуктивное сопротивление x_L контура равно его емкостному сопротивлению x_C. В контуре с индуктивностью L (*мкгн*) и емкостью C (*пф*) резонансная частота

$$f_р = \frac{159}{\sqrt{LC}} [Мгц]. \qquad (1\text{-}91)$$

При резонансной частоте сопротивление контура минимально и имеет чисто активный характер.

Последовательный резонанс, резонанс напряжения — явление резкого возрастания амплитуды тока в резонансном контуре с высокой добротностью при совпадении резонансной частоты контура с частотой генератора напряжения, включенного в контур (последовательно).

Резонансная кривая тока — кривая изменения амплитуды тока в резонансном контуре при изменении частоты и постоянной амплитуде напряжения генератора, включенного в контур. Форма резонансной кривой зависит от добротности контура. У контура с меньшей добротностью резонансный максимум менее острый (рис. 1-30). Использование резонансных контуров высокой добротности позволяет осуществить выделение сигнала частоты, равной собственной частоте контура. Напряжения «помех», частоты которых сильно отличаются от резо-

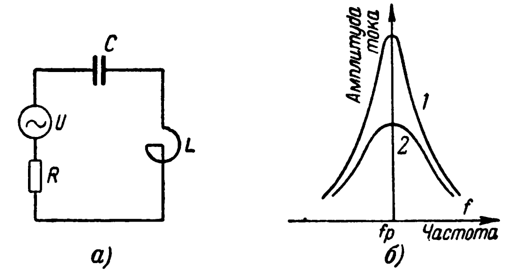


Рис. 1-30. Последовательный резонанс.
а — резонансный контур; *б* — резонансные кривые. Кривая *1* относится к контуру с большей добротностью, кривая *2* — к контуру с меньшей добротностью.

нансной частоты контура, возбуждают в нем сравнительно слабые электрические токи по сравнению с током резонансной частоты.

Резонанс в связанных контурах. Резонансные кривые в многоконтурных цепях могут иметь несколько максимумов.

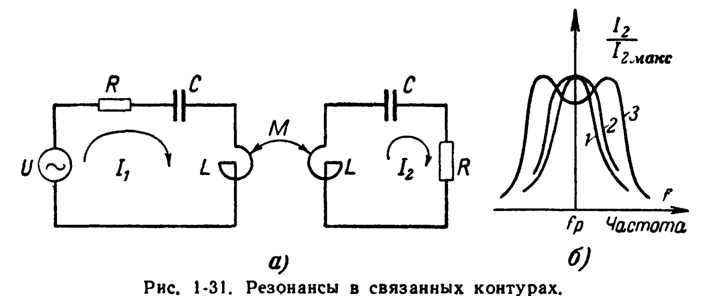


Рис. 1-31. Резонансы в связанных контурах.
а — схема с взаимно-индуктивной связью; *б* — резонансные кривые при различных значениях коэффициента связи (см. § 1-11). *1* и *2* — коэффициент связи относительно невелик; *3* — большой коэффициент связи

Особенно часто используется резонанс в двух одинаковых связанных контурах. С увеличением индуктивной связи резонансная кривая расширяется в максимальной части и спадает более круто. При дальнейшем увеличении связи максимум расщепляется и кривая приобретает двугорбый характер (рис. 1-31).

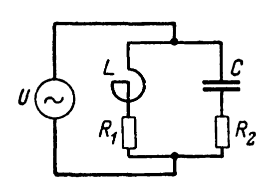


Рис. 1-32. Параллельное включение генератора в резонансный контур.

Параллельный резонанс, резонанс токов — явление резкого увеличения входного сопротивления резонансного контура с высокой добротностью, включенного параллельно с источником напряжения (рис. 1-32) при равенстве частоты этого источника собственной частоте контура.

В контурах с высокой добротностью активные сопротивления малы и практически не сказываются на частоте параллельного резонанса, которая приблизительно равна собственной частоте контура (см. выше).

При резонансной частоте контура с высокой добротностью его входное сопротивление практически активно и равно:

$$R = \frac{L}{C} \cdot \frac{1}{R_1 + R_2}. \qquad (1\text{-}92)$$

Чем меньше сопротивления R_1 и R_2 и тем самым меньше затухание контура, тем больше резонансное сопротивление контура.

Параллельный резонанс сопровождается возбуждением значительных токов внутри резонансного контура, однако ток в цепи генератора резко уменьшается. Ток I_C в емкостной ветви приблизительно на 90° опережает напряжение, а ток I_L на 90° отстает от этого напряжения Согласно первому правилу Кирхгофа в узле *1* ток $I = I_C + I_L$. Токи I_C и I_L приблизительно находятся в противофазе (см. § 1-2) и при резонансе равны. Взаимная компенсация токов (см. рис. 1-3, *г*) реактивных ветвей (резонанс токов) и приводит к наблюдаемому резонансному уменьшению общего тока.

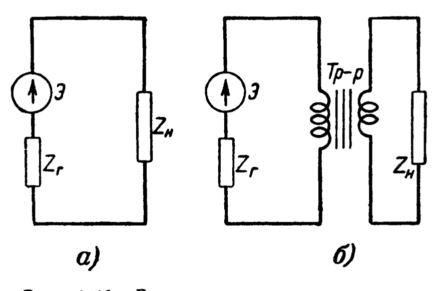


Рис. 1-33. Включение генератора на нагрузку $Z_н$.

Согласование генератора с нагрузкой — включение генератора (рис. 1-33) на нагрузку, обеспечивающую максимальное выделение мощности в последней. Если сопротивление нагрузки очень велико, то в цепи пойдет слишком малый ток и мощность в нагрузке будет невелика. При слишком малом сопротивлении нагрузки почти вся мощность будет рассеиваться на внутреннем сопротивлении генератора. Максимальная мощность в нагрузке выделяется в том случае, если модуль сопротивления нагрузки равен модулю внутреннего сопротивления генератора, а угол сопротивления нагрузки противоположен углу сопротивления генератора.

Условие согласования:

$$z_н \doteq z_г; \ \angle\varphi_н = -\angle\varphi_г. \qquad (1\text{-}93)$$

Особенно важен практически случай согласования, когда внутреннее сопротивление генератора и сопротивление нагрузки являются активными (соответственно $R_г$ и $R_н$). При согласовании в нагрузке выделяется максимальная мощность

$$P_{макс} = \frac{Э^2}{2R_г}. \qquad (1\text{-}94)$$

Условие согласования:

$$R_н = R_г. \qquad (1\text{-}95)$$

Если внутреннее сопротивление нагрузки $R_н$ и генератора $R_г$ не равны, то для передачи в нагрузку максимальной мощности $P_{макс}$ при-

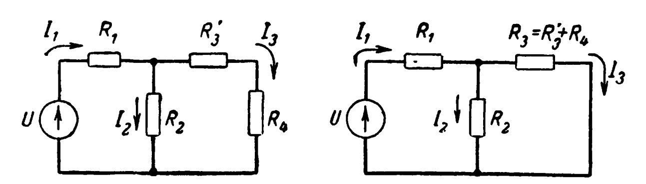


Рис. 1-34. Т-образная схема.

меняют согласование с помощью специальных согласующих четырехполюсников. Простейший способ согласования может быть осуществлен с помощью трансформатора (рис. 1-33, *б*), коэффициент трансформации которого (см. § 1-11)

$$n=\sqrt{\frac{R_{н}}{R_{г}}}. \qquad (1\text{-}96)$$

Т-образная схема — схема рис. 1-34. Токи в схеме определяются выражениями:

$$\left.\begin{aligned} I_1&=\frac{U(R_2+R_3)}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1};\\ I_2&=\frac{UR_3}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1};\\ I_3&=\frac{UR_2}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}.\end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}97)$$

1-18. ПАССИВНЫЕ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКИ. ФИЛЬТРЫ

Пассивный четырехполюсник — четырехполюсник, составленный из индуктивностей, емкостей, сопротивлений.

Затухание четырехполюсника — величина, характеризующая уменьшение напряжения, тока или мощности при их передаче через четырехполюсник. Соответственно различаются: затухание по напряжению, затухание по току и затухание по мощности. Иногда измеряют затухание в процентах. Чаще затухание измеряют в логарифмических единицах — децибелах (*дб*) (подробнее см. § 2-11).

Затухание четырехполюсника зависит также и от сопротивлений нагрузки и генератора.

Фильтр — четырехполюсник, служащий для передачи в нагрузку мощности (напряжения) электрического тока определенного диапазона частот (области прозрачности фильтра). Мощность (напряжение) электрического тока других частот (область непрозрачности фильтра) передается в нагрузку с большим затуханием.

Фильтры нижних частот (*обрезающие*) — фильтры, область прозрачности которых простирается на частоты, меньшие некоторой граничной частоты $f_{гр}$ (простейший фильтр показан на рис. 1-35,*а*).

При индуктивности фильтра L *(мкгн)* и емкости конденсатора C *(пф)* граничная частота

$$f_{гр} = \frac{159}{\sqrt{LC}}. \qquad (1\text{-}98)$$

Сглаживающий фильтр — обрезающий фильтр, который служит для выделения постоянной составляющей (рис. 1-35, *б*); фильтр нижних частот, граничная частота которого лежит ниже основной гармонической частоты.

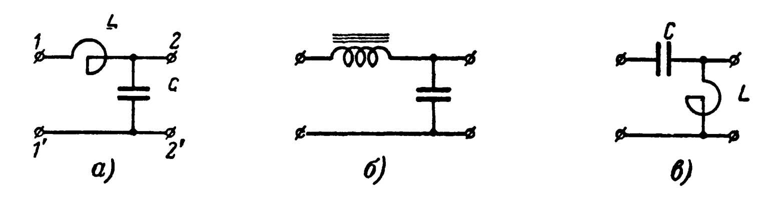


Рис. 1-35. Простейшие фильтры.
а — фильтр нижних частот; *б* — сглаживающий фильтр; *в* — фильтр верхних частот.

Фильтры верхних частот (*обрезающие*) — фильтры, область прозрачности которых простирается на частоты, большие некоторой граничной частоты $f_{гр}$ (простейший фильтр см. рис. 1-35, *в*). Его граничная частота тоже определяется по формуле (1-98).

Полосовой фильтр — фильтр, область прозрачности которого лежит в определенной полосе частот, лежащей между некоторыми граничными частотами. Простейший полосовой фильтр см. фильтр ПЧ на рис. 3-14.

Полоса пропускания (область прозрачности) расположена около частоты, определяемой по формуле (1-98).

Режекторный фильтр — фильтр, область непрозрачности которого лежит в определенной полосе частот, лежащей между некоторыми граничными частотами.

1-19. АКТИВНЫЕ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКИ

Активный четырехполюсник — четырехполюсник, который передает в нагрузку мощность, большую поступающей в него через входные зажимы; в число элементов активного четырехполюсника входят источники э. д. с., электронные усилительные лампы, транзисторы.

Коэффициент усиления — отношение величины напряжения, тока или мощности на выходе четырехполюсника к соответствующей величине на входе; различают соответственно усиление по напряжению, току и мощности. Усиление часто измеряют в децибелах (см. § 2-11).

Усиление четырехполюсника зависит также от сопротивлений генератора и нагрузки, подключаемых к входным и выходным зажимам четырехполюсника.

Четырехполюсник относительно своих входных зажимов является двухполюсником. Внутреннее сопротивление такого двухполюсника носит название *входного сопротивления* $Z_{вх}$ четырехполюсника. Входное сопротивление четырехполюсника может зависеть от сопротивления нагрузки, подключенной к его выходным зажимам. Модуль входного сопротивления четырехполюсника равен отношению приращения входного напряжения $(U_1 - U_1')$ на его зажимах к вызванному им приращению входного тока $(I_1 - I_1')$:

$$z_{вх} = \frac{U_1 - U_1'}{I_1 - I_1'}. \quad (1\text{-}99)$$

При наличии генератора, подключенного на входе четырехполюсника, последний является относительно своих выходных зажимов двухполюсником. Внутреннее сопротивление такого двухполюсника называется выходным сопротивлением четырехполюсника — $Z_{вых}$. Модуль выходного сопротивления может быть измерен путем подключения к выходным зажимам источника регулируемого напряжения; он равен отношению приращения выходного напряжения (вызываемого регулировкой источника напряжения, подключенного к выходным зажимам) к соответствующему изменению величины выходного тока:

$$z_{вых} = \frac{U_2 - U_2'}{I_2 - I_2'}. \quad (1\text{-}100)$$

1-20. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Установившийся *принужденный* процесс в электрической цепи — электрический режим, устанавливающийся в электрической цепи спустя некоторое время после ее изменения (например. замыкания электрической цепи или переключений в схеме цепи).

Переходный процесс — электрический режим цепи при переходе от одного установившегося процесса к другому (после изменения цепи). Амплитуда электрических величин (тока и напряжения) в переходном процессе изменяется в линейных цепях по экспоненциальному закону (см. § 1-2), описываясь суммой (разностью) нескольких экспонент (см. рис. 1-2, *б*).

З а р я д (р а з р я д) к о н д е н с а т о р а емкости C (*ф*) через сопротивление R (*Мом*) после быстрого изменения напряжения последовательной цепи от значения U_1 (*в*) до значения U_2 (*в*) описывается суммой

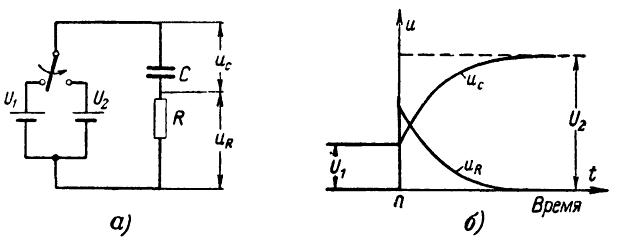


Рис. 1-36. Заряд конденсатора через сопротивление.
а — схема заряда; *б* — графики процесса заряда.

постоянной величины и экспоненты (рис. 1-36) с постоянной времени τ (см. § 1-2):

$$\tau = RC\ [сек]. \qquad (1\text{-}101)$$

Напряжение на конденсаторе

$$u_C = U_2 + (U_1 - U_2)\, e^{-\frac{t}{\tau}}; \qquad (1\text{-}102)$$

напряжение на сопротивлении:

$$u_R = (U_2 - U_1)\, e^{-\frac{t}{\tau}}. \qquad (1\text{-}103)$$

Время t (*сек*) отсчитывается от момента изменения напряжения на последовательной цепи.

Г е н е р а т о р п и л о о б р а з н о г о н а п р я ж е н и я на неоновой лампе (*Н.Л*) (рис. 1-37). Изменения режима схемы генератора вы-

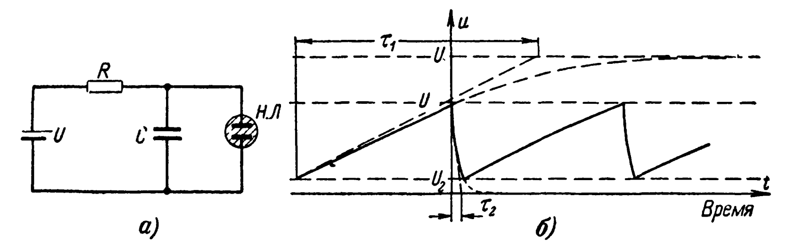


Рис. 1-37. Генератор пилообразных напряжений.
а — схема генератора; *б* — график изменения напряжения на емкости.

зываются свойствами неоновой лампы. При определенном напряжении U_1 возникающем в процессе заряда конденсатора, в лампе зажигается электрический разряд. Конденсатор разряжается через маленькое сопротив-

ление r разрядного промежутка почти мгновенно (с постоянной времени $\tau_2 = rC$) до напряжения U_2 гашения разряда в лампе.

При напряжении U_2 разряд в лампе гаснет и электрическая цепь лампы разрывается. При этом снова начинается заряд конденсатора с постоянной времени $\tau_1 = RC$. Затем процесс повторяется.

Разряд конденсатора через индуктивность описывается синусоидой, амплитуда которой убывает по экспоненциальному закону в связи с рассеянием электрической энергии в контуре. Скорость уменьшения амплитуды характеризуется затуханием контура (см. § 1-17). При очень большом затухании разряд конденсатора перестает носить колебательный характер; напряжение конденсатора уменьшается, не меняя знака,— это так называемый апериодический разряд конденсатора. При очень малом затухании при замыкании контура возникают периодические почти незатухающие электромагнитные колебания.

Рассмотрим один цикл колебаний. Вначале конденсатор заряжен до напряжения $U_{макс}$.

Под действием напряжения конденсатора после замыкания контура в индуктивности начинает протекать ток. Скорость нарастания тока di/dt определяется законом электромагнитной индукции (см. § 1-11):

$$u_C = -э_L = L\frac{di}{dt}, \text{ т. е. } \frac{di}{dt} = \frac{u_C}{L}.$$

В начале $u_C = U_{макс}$ и $\frac{di}{dt} = \frac{U_{макс}}{L}$. Чем больше разряжается конденсатор, тем медленнее увеличивается ток в контуре. При напряжении на конденсаторе, равном нулю ($u_C = 0$), скорость увеличения тока также обращается в нуль. При этом ток достигает наибольшего значения и начинает перезаряжать конденсатор. Появление напряжения обратной полярности на конденсаторе вызывает уменьшение тока в индуктивности $\left(\frac{di}{dt} = \frac{u_C}{L}\right)$. В контуре без потерь ($R = 0$) уменьшающийся ток перезаряжает конденсатор до напряжения $-U_{макс}$. Затем начинается перезаряд конденсатора в обратном направлении. Изменения напряжения на конденсаторе и тока в контуре без потерь

$$u_C = U_{макс} \sin(\omega_0 t - 90°); \quad i = I_{макс} \sin \omega_0 t$$

называют собственными колебаниями контура. Отношение максимального напряжения $U_{макс}$ к максимальному току $I_{макс}$ носит название волнового сопротивления контура (обозначается $z_в$)

$$z_в = 1\,000\sqrt{\frac{L}{C}}. \tag{1-104}$$

Волновое сопротивление определяется величиной индуктивности L (*мкгн*) и емкости C (*пф*) контура. Угловая частота собственных колебаний $\omega_0 = \frac{10^9}{\sqrt{LC}}$ [*рад/сек*]. При равном нулю токе контура напряжение конден-

сатора максимально и вся энергия электромагнитных колебаний оказывается сосредоточенной в конденсаторе (см. § 1-16):

$$W_C = CU^2_{макс}/2. \quad (1\text{-}105)$$

При равном нулю напряжении конденсатора эта энергия в контуре без потерь полностью переходит в энергию, запасаемую в катушке индуктивности (см. § 1-16),

$$W_L = LI^2_{макс}/2. \quad (1\text{-}106)$$

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

РАДИОВЕЩАНИЕ И РАДИОСВЯЗЬ

2-1. ПЕРЕДАЮЩАЯ РАДИОСТАНЦИЯ

Основными частями всякой передающей радиостанции являются радиопередатчик и антенна.

Передатчик — устройство, вырабатывающее токи высокой частоты и направляющее их в антенну. При своей работе передатчик потребляет энергию от электрической сети переменного тока или от другого источника электрической энергии. Следовательно, передатчик является устройством, преобразующим энергию переменного тока промышленной частоты (или постоянного тока) в энергию переменного тока высокой частоты.

Передатчики различных радиостанций вырабатывают и передают в свои антенны переменные токи с различными частотами, причем каждый передатчик работает только на своей отведенной ему частоте. Это позволяет слушать передачу любой из радиостанций без помех со стороны остальных.

Антенна передающей радиостанции представляет собой систему проводников, подвешенных на мачтах (или башнях) на некотором расстоянии от земли. По этим проводникам проходят поступающие от радиопередатчика переменные токи высокой частоты; вокруг них возникает переменное электромагнитное поле (см. § 1-12), изменяющееся с той же частотой, с какой изменяется ток в антенне.

Мощности переменного тока высокой частоты в антеннах радиовещательных станций достигают сотен и тысяч киловатт.

В антеннах радиопередающих станций, применяемых радиолюбителями для связи между собой, циркулируют токи высокой частоты, мощности которых не превышают нескольких сотен ватт.

Некоторые конструкции антенн, применяемых в радиолюбительских станциях, описаны в § 5-7 этого Справочника.

2-2. РАДИОВОЛНЫ

Переменное электромагнитное поле, возбужденное ВЧ-токами антенны, распространяется в окружающем пространстве во все стороны, унося в себе полученную от антенны энергию. Это явление носит название *излучения* антенной *электромагнитной энергии*.

Скорость распространения электромагнитной энергии в свободном пространстве равна скорости распространения света — 300 000 *км/сек*. Совпадение скоростей распространения излучаемой антенной электромагнитной энергии и света неслучайно: свет также представляет распространяющееся в пространстве электромагнитное поле, но только еще более высокой частоты.

Распространение света и электромагнитного поля антенны радиостанции происходит в виде волн. Соответственно аналогично понятию «световые волны» применяют понятие «радиоволны».

Часть электромагнитной энергии, излучаемая антенной параллельно земной поверхности, образует поверхностный луч (поверхностные волны), а часть энергии, излучаемая под углом к земной поверхности, — пространственный луч (пространственные волны).

Как для света, так и для радиоволн существуют тела «прозрачные», через которые они могут проникать, и «непрозрачные», которые задерживают их распространение. Свет и радиоволны могут отражаться и преломляться при переходе из среды с одними физическими свойствами в среду с другими физическими свойствами. Однако многие тела, непрозрачные для света являются прозрачными для радиоволн, и наоборот. Например, радиоволны проходят сквозь сухое дерево так же свободно, как свет сквозь стекло, в то же время верхние слои атмосферы, совершенно прозрачные для света, могут оказаться непреодолимым препятствием на пути радиоволн.

2-3. ДЛИНА ВОЛНЫ

Длиной радиоволны называется расстояние, на которое электромагнитное поле распространяется за время одного периода переменного тока в антенне.

Так, если частота тока в антенне радиостанции равна 1 *Мгц*, то за время одного периода, т. е. за одну миллионную долю секунды, электромагнитная волна, распространяясь со скоростью 300 000 *км/сек* (300 млн. *м/сек*), пройдет 300 *м*. Следовательно, длина электромагнитной волны этой радиостанции 300 *м*.

Чем больше частота тока ВЧ в антенне радиостанции, тем короче ее волна, и наоборот, чем меньше частота, тем волна длиннее.

Чтобы определить длину волны λ в метрах по известной частоте, нужно скорость распространения волн (300 000 000 *м/сек*) разделить на частоту, выраженную в герцах, т. е.

$$\lambda = \frac{300\,000\,000}{f}. \qquad (2\text{-}1)$$

Если частота f дана в килогерцах, то вычисление длины волны в метрах производят по формуле

$$\lambda = \frac{300\,000}{f}. \qquad (2\text{-}2)$$

Когда же частота f дана в мегагерцах, длину волны в метрах вычисляют по формуле

$$\lambda = \frac{300}{f}. \qquad (2\text{-}3)$$

Для определения частоты f в килогерцах по известной длине волны λ в метрах пользуются формулой

$$f = \frac{300\,000}{\lambda}. \qquad (2\text{-}4)$$

Если же нужно узнать частоту в мегагерцах, применяют формулу

$$f = \frac{300}{\lambda}. \qquad (2\text{-}5)$$

Пример 1. Определить длину волны радиостанции первой программы Центрального вещания, работающей на частоте 173 *кгц*.

Длину волны вычисляем по формуле (2-2)

$$\lambda = \frac{300\,000}{173} = 1\,734 \text{ м}.$$

Пример 2. Определить частоту тока в антенне радиовещательной станции, работающей на волне 4,45 *м*.

По формуле (2-5) находим:

$$f = \frac{300}{4{,}45} = 67{,}4 \text{ Мгц}.$$

Длину волны по частоте и обратно можно также определить с помощью графика рис. 2-1.

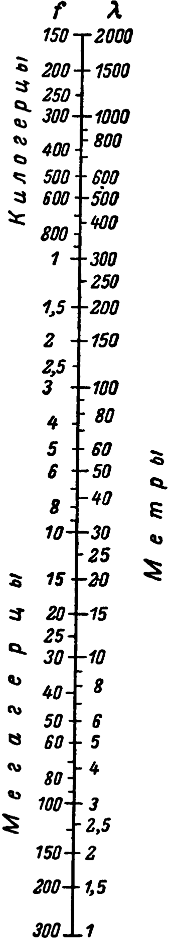


Рис. 2-1. График для определения длины волны по частоте и обратно.

2-4. ДИАПАЗОНЫ РАДИОВОЛН

Электромагнитные волны, используемые для передачи радиовещания, телевидения и для радиосвязи, разделяются по длине на следующие группы:

Длинные волны (сокращенно ДВ) — волны длиной больше 3 000 *м* (частоты ниже 100 *кгц*).

В радиовещании к длинноволновому диапазону относят волны длиной больше 722 *м* (частоты ниже 415 *кгц*).

Средние волны (сокращенно СВ) — волны длиной 200—3 000 *м* (частоты 1,5 *Мгц* — 100 *кгц*).

В радиовещании к средневолновому диапазону относят волны длиной примерно 187—575 *м* (частоты 1,6 *Мгц* — 520 *кгц*).

Промежуточные волны — волны длиной 50—200 *м* (частоты 6—1,5 *Мгц*).

Короткие волны (сокращенно КВ) — волны длиной 10—50 *м* (частоты 30—6 *Мгц*).

В радиовещании короткими волнами считают волны длиной до 75 *м* (частоты 30—4 *Мгц*); радиолюбители к числу коротких волн относят обычно волны длиной до 160—170 *м*.

Ультракороткие волны (сокращенно УКВ) — волны короче 10 *м* (частоты выше 30 *Мгц*).

Ультракоротковолновиками называют радиолюбителей, которые с помощью клубных или личных передатчиков и радиоприемников ведут между собой связь на волнах короче 10,71 *м*.

Таблица 2-1

Использование различных частот и волн

Частоты	Длины волн	Применение	Название диапазона
150—415 *кгц*	2 000—722 *м*	Радиовещание	Длинноволновый радиовещательный
500 *кгц*	600 *м*	Передача сигналов бедствия на море	Аварийный
520 *кгц* — 1,6 *Мгц*	575—187 *м*	Радиовещание	Средневолновый радиовещательный
3,5—3,65 *Мгц*	85,71—82,19 *м*	Радиолюбительская связь телефоном и телеграфом	80-метровый радиолюбительский
3,95—4,1 *Мгц*	75,95—73 *м*	Радиовещание	75-метровый радиовещательный
5,95—6,2 *Мгц*	50,5—48,4 *м*	Радиовещание	49-метровый радиовещательный
7,0—7,1 *Мгц*	42,86—42,25 *м*	Радиолюбительская связь телефоном и телеграфом	40-метровый радиолюбительский
7,15—7,3 *Мгц*	42—41,2 *м*	Радиовещание	41-метровый радиовещательный
9,5—9,775 *Мгц*	30,6—30,7 *м*	„	31-метровый радиовещательный
11,7—11,975 *Мгц*	25,6—25,05 *м*	„	25-метровый радиовещательный
14,0—14,1 *Мгц*	21,43—21,28 *м*	Радиолюбительская связь телеграфом	20-метровый радиолюбительский
14,1—14,3 *Мгц*	21,28—20,98 *м*	То же телефоном	То же
14,3—14,35 *Мгц*	20,98—20,91 *м*	То же телефоном с одной боковой полосой частот	„ „
14,9—15,6 *Мгц*	20,14—19,23 *м*	Радиовещание	19-метровый радиовещательный

Продолжение табл. 2-1

Частоты	Длины волн	Применение	Название диапазона
17,25—18,25 *Мгц*	17,1—16,43 *м*	Радиовещание	16-метровый радиовещательный
21,0—21,15 *Мгц*	14,21—14,13 *м*	Радиолюбительская связь телеграфом	14-метровый радиолюбительский
21,15—21,35 *Мгц*	14,13—14,05 *м*	То же телефоном	То же
21,35—21,45 *Мгц*	14,05—13,99 *м*	То же телефоном с одной боковой полосой частот	„ „
28,0—28,2 *Мгц*	10,71—10,64 *м*	То же телеграфом	10-метровый радиолюбительский
28,2—28,5 *Мгц*	10,64—10,52 *м*	То же телефоном	То же
28,5—29,7 *Мгц*	10,52—10,1 *м*	То же телефоном с одной боковой полосой частот	„ „
48,0—100 *Мгц*	6,25—3,0 *м*	Телевидение	Телевизионный (первый — пятый каналы)
64,5—76 *Мгц*	4,65—3,95 *м*	Радиовещание с частотной модуляцией	Ультракоротковолновый радиовещательный
144—146 *Мгц*	2,08—2,05 *м*	Радиолюбительская связь телефоном и телеграфом	2-метровый радиолюбительский
174—230 *Мгц*	1,72—1,30 *м*	Телевидение	Телевизионный (шестой — двенадцатый каналы)
420—435 *Мгц*	71,4—68,5 *см*	Радиолюбительская связь телеграфом и телефоном	70-сантиметровый радиолюбительский

Примечания: 1. Границы коротковолновых радиовещательных диапазонов указаны ориентировочно.
2. Частоты, соответствующие различным телевизионным каналам, см. табл. 4-1 (стр. 191).

Ультракороткие волны разделяются на следующие подгруппы или диапазоны:

метровые — волны длиной 1—10 *м* (частоты 300—30 *Мгц*);

дециметровые — волны длиной 10 *см* — 1 *м* (частоты 3 000 — 300 *Мгц*);

сантиметровые — волны длиной 1—10 *см* (частоты 30 000 — 3 000 *Мгц* или 30 — 3 *Ггц*);

миллиметровые — волны длиной 1—10 *мм* (частоты 300 — 30 *Ггц*);

субмиллиметровые — волны короче 1 *мм* (частоты выше 300 *Ггц*).

2-5. РАДИОТЕЛЕФОННАЯ МОДУЛЯЦИЯ

Радиовещательные передачи ведут из специально оборудованных помещений — радиостудий. В радиостудиях установлены микрофоны (см. § 7-3), которые преобразуют воспроизводимые в радиостудии речь, пение, музыку и т. п. в электрические переменные токи низкой (звуковой) частоты. Эти токи передают по проводам в аппаратную радиовещательного узла, где их усиливают и по проводам же передают на радиовещательную станцию.

При передачах из театров, из концертных залов, со стадионов микрофоны устанавливают в местах, откуда производится трансляция, и соединяют проводами с аппаратной радиовещательной станции. Дальше передача осуществляется так же, как и из радиостудии.

Часто программу предварительно записывают с помощью магнитофона (см. § 7-5), а затем передают по радио.

При радиолюбительских связях микрофоны находятся на самих станциях.

Амплитудная модуляция

При радиовещании на длинных, средних и коротких волнах, а также при радиолюбительских связях на коротких и ультракоротких волнах созданные микрофоном и усиленные соответствующими усилителями переменные токи НЧ воздействуют на амплитуду тока ВЧ, генерируемого передатчиком и поступающего в антенну. Когда ток микрофона имеет одно направление и, например, увеличивается (мы имеем в виду наиболее распространенный в радиовещании электродинамический микрофон), амплитуды тока ВЧ в антенне также увеличиваются (рис. 2-2), соответственно увеличивается и излучаемая антенной электромагнитная энергия. При уменьшении тока микрофона и при дальнейшем изменении его направления амплитуды тока ВЧ в антенне и излучаемая ею электромагнитная энергия уменьшаются. При этом изменения амплитуд тока ВЧ в антенне, т. е. изменения излучаемой антенной энергии, в точности следуют за изменениями тока НЧ, создаваемого микрофоном. Чем больше частота передаваемого звука и соответственно частота тока микрофона, тем с большей частотой изменяются амплитуды токов ВЧ в антенне.

Процесс изменения амплитуды токов ВЧ носит название амплитудной модуляции; изменяющиеся по амплитуде токи ВЧ носят название амплитудно-модулированных токов, а токи НЧ, вызывающие модуляцию, называются модулирующими.

Глубина модуляции. Чем громче звук перед микрофоном, тем больше амплитуды поступающих на передатчик токов НЧ, тем в больших преде-

лах изменяются амплитуды токов ВЧ в антенне или, как говорят, тем глубже модуляция. Глубину амплитудной модуляции выражают в процентах. Если, например, амплитуды токов ВЧ при модуляции увеличиваются и соответственно уменьшаются на 30% по сравнению с амплитудами токов ВЧ при отсутствии звуков перед микрофоном, — глубина модуляции 30%.

Боковые частоты. Модулированный ток ВЧ состоит из трех высоких частот. Одна из них постоянна: ток этой частоты передатчик вырабатывает и передает в антенну независимо от того, действует ли звук на микрофон или не действует. Эта частота носит название несущей частоты. Две другие частоты вырабатываются передатчиком только при действии

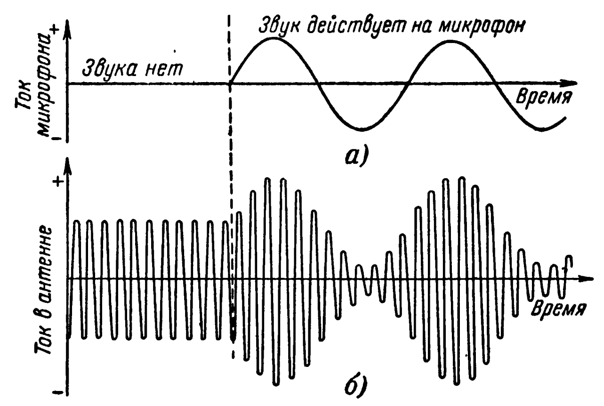


Рис. 2-2. Амплитудная модуляция.
а — модулирующий ток НЧ; *б* — модулированный ток ВЧ.

звука на микрофон. Они носят название боковых частот. Одна из боковых частот больше несущей частоты, а другая меньше ее на число герц, соответствующее модулирующей частоте. Так, например, если несущая частота передатчика 173 *кгц* и на микрофон действует частота 1 *кгц* (1 000 *гц*), то, кроме несущей, существуют частоты: 1) 173 *кгц* + 1 *кгц* = =174 *кгц* и 2) 173 *кгц* — 1 *кгц* = 172 *кгц*. Чем больше модулирующая частота, тем больше отличаются боковые частоты от несущей. Частоты больше несущей называются верхними боковыми частотами, а частоты меньше ее — нижними боковыми частотами.

Когда передается целая полоса низких (звуковых) частот, то все эти частоты складываются с несущей и вычитаются из нее, образуя целую группу боковых частот.

Пример. По радио передается музыкальная программа, занимающая полосу частот от 100 до 5 000 *гц*. При этом в антенне передатчика с несущей частотой 173 *кгц* получаются следующие частоты:

верхние боковые: от 173 000 *гц* + 5 000 *гц* = 178 000 *гц* до 173 000 *гц* + 100 *гц* = 173 100 *гц*;

несущая — 173 000 *гц*;

нижние боковые: от 173 000 *гц* — 100 *гц* = 172 900 *гц* до 173 000 *гц* — —5 000 *гц* = 168 000 *гц*.

Несущая и все боковые частоты, передаваемые по радио, образуют спектр передаваемых частот. Разность между наиболее высокой и наиболее низкой боковой частотой называется шириной спектра. Численно ширина спектра частот при амплитудной модуляции вдвое больше самой высокой модулирующей частоты.

Вследствие того, что в антенне радиотелефонной передающей станции существует целый спектр частот, антенна излучает несколько волн, отличающихся друг от друга по длине. Однако всегда указывают только несущую частоту радиостанции (или соответствующую ей длину волны), подразумевая существование боковых частот, возникающих при модуляции.

Амплитуды боковых частот тем больше, чем глубже модуляция, однако они всегда меньше, чем амплитуда несущей частоты.

Длины волн (частоты) распределяют между близко расположенными радиовещательными станциями так, чтобы частоты верхней боковой полосы одной станции не совпадали с частотами нижней боковой полосы другой станции. В противном случае некоторые верхние боковые частоты одной радиостанции совпали бы с нижними боковыми частотами другой радиостанции и при приеме передачи одной из них неизбежно прослушивалась бы передача другой — станции создавали бы помехи друг другу.

Передача с одной боковой полосой частот. В последнее время некоторые радиотелефонные станции передают только одну боковую полосу; частоты другой боковой полосы в антенну радиопередающей станции не поступают. Это сокращает вдвое спектр передаваемых частот и тем самым позволяет уменьшить интервалы между несущими частотами радиотелефонных станций и увеличить число радиостанций, которые могут работать в данном диапазоне. Для приема таких радиостанций нужны приемники специальной конструкции.

Частотная модуляция

Этот способ модуляции применяют в радиовещательных УКВ передатчиках.

Переменные токи НЧ, созданные микрофоном под действием на него звуковых волн и усиленные соответствующими усилителями, воздействуют на передатчик так, что изменяется частота вырабатываемых им колебаний; амплитуда же колебаний ВЧ, а следовательно, и излучаемая антенной электромагнитная энергия во время передачи не изменяются.

Когда микрофон дает ток одного направления и этот ток увеличивается, частота тока, идущего от передатчика в антенну, также увеличивается (рис. 2-3). В момент амплитудного значения тока микрофона получается наиболее высокая частота. Когда же ток микрофона начинает уменьшаться, частота тока в антенне также уменьшается; она продолжает уменьшаться и после того, как ток микрофона изменил свое направление и увеличивается. В момент амплитудного значения тока микрофона обратного направления в антенну поступает ток наиболее низкой частоты. Дальше частота тока в антенне снова начинает возрастать и весь процесс повторяется, как описано выше.

Пределы отклонения частоты тока в антенне передатчика с частотной модуляцией возрастают с увеличением амплитуды тока, создаваемого микрофоном, т. е. с усилением действующего на него звука.

В данном случае несущей частотой называется средняя частота (которую дает передатчик в отсутствие модуляции).

Радиовещательные УКВ станции, работающие с частотной модуляцией, — УКВ ЧМ станции могут обеспечить более высококачественный

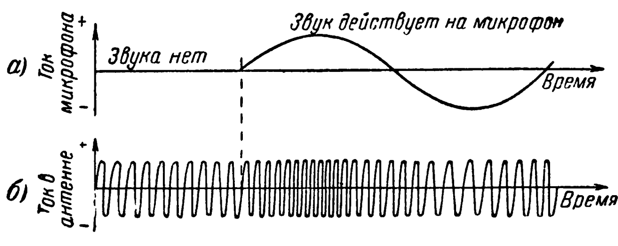


Рис. 2-3. Частотная модуляция.
а — модулирующий ток НЧ; *б* — модулированный ток ВЧ.

прием, чем станции, работающие на волнах других диапазонов. Однако УКВ ЧМ станции занимают значительную полосу частот; ее ширина равна 150 *кгц*.

2-6. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Дальность приема радиостанции зависит от ее длины волны и от мощности, а также от чувствительности приемника (см. § 3-2).

Распространение длинных и средних волн

Дальность приема радиовещательных станций, работающих на ДВ и СВ, зависит главным образом от их мощности. Чем больше мощность радиостанции, т. е. чем большую энергию несут его радиоволны, тем на большем расстоянии они могут быть приняты на радиоприемник. Поверхностные радиоволны этих станций (см. § 2-2), распространяясь вдоль земной поверхности, следуют за ее кривизной и способны огибать встречающиеся на их пути препятствия.

Однако дальность приема передач радиостанции, работающей на СВ, зависит также от пространственных радиоволн. Дело в том, что в верхних разреженных слоях атмосферы многие молекулы газов под действием солнечных лучей и других причин космического характера ионизируются — распадаются на свободные электроны и ионы (см. § 1-13). Ионизированные слои атмосферы называются и о н о с ф е р о й. В зависимости от освещенности атмосферы солнцем, т. е. в зависимости от времени суток и времени года, степень ионизации атмосферы (число свободных электронов в единице объема воздуха) и высота слоя наибольшей ионизации изменяются.

При взаимодействии свободных электронов, находящихся в ионосфере, с переменным электромагнитным полем волны путь волны (направление ее движения) искривляется; происходит преломление волны (явление, похожее на преломление световых лучей при переходе из среды с одними оптическими свойствами в среду с другими оптическими свойствами).

Длинные волны, а в дневное время — и средние волны подвергаются очень незначительному преломлению в ионосфере. Поэтому их электро-

магнитная энергия проходит сквозь ионосферу в космическое пространство, частично поглощаясь ионосферой.

В вечерние и ночные часы, когда степень ионизации верхних слоев атмосферы изменяется по сравнению с дневной, пространственные лучи радиостанций, работающих на СВ, испытывают более сильное преломление в ионосфере и могут возвратиться обратно к земной поверхности на таких расстояниях от передающей радиостанции, где энергия поверхностного луча в дневное время очень мала или куда он вообще не доходит. Вследствие этого с наступлением темноты улучшается прием СВ радиовещательных станций в тех местах, где они в дневное время слышны слабо, а также наблюдается прием этих станций в местностях, где днем передачи их вовсе не слышны.

Распространение коротких волн

Передача радиостанции, работающей на короткой волне даже с очень малой мощностью в антенне, может быть услышана на расстоянии в несколько тысяч километров, но не всегда слышна на более близких расстояниях. Объясняется это тем, что электромагнитная энергия, которую

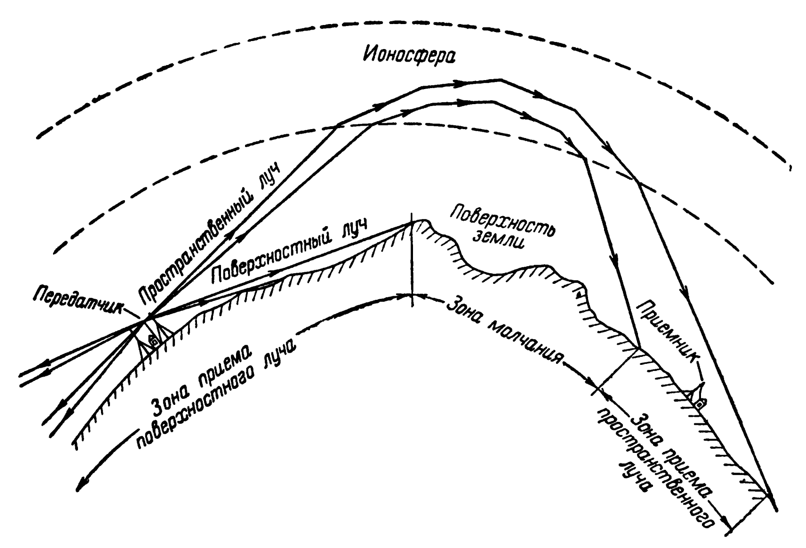


Рис. 2-4. Пути распространения коротких радиоволн.

несет поверхностный луч КВ радиостанции, сильно поглощается земной поверхностью и поэтому может быть обнаружена с помощью радиоприемника лишь на относительно небольших расстояниях от передатчика (рис. 2-4). В то же время энергия, которую несет пространственный луч, встречает в ионосфере благоприятные для ее распространения условия.

При этом в различных областях ионосферы систематически создаются такие условия преломления, что короткие волны начинают распростра-

няться в направлении к земной поверхности. Другими словами, короткие радиоволны могут вновь возвратиться к поверхности земли, причем на больших расстояниях от передающей радиостанции. В тех местностях, где они достигают земли, передачи КВ радиостанции можно принять. В других же местах, ближе расположенных к КВ радиостанции, ее передача не слышна, так как сюда энергия радиоволн из ионосферы не попадает. Области между передающей радиостанцией и местами, где ее передача слышна, называют зонами молчания (мертвыми зонами).

Вследствие изменений степени ионизации ионосферы и высоты слоя наибольшей ионизации при смене времени суток и времени года размеры зон молчания для коротких волн различной длины изменяются. Так, передачи радиостанции, работающей, например, на волне длиной 19 *м*, могут быть хорошо слышны в некоторых местностях только днем, но не слышны с наступлением темноты. В то же время передачи другой радиостанции, расположенной рядом с первой, но работающей на волне 41 *м*, будут в тех же местностях хорошо слышны только вечером и ночью, но не слышны днем. В других же местностях та же станция может быть хорошо слышна в дневное время.

Поэтому радиовещательные передачи из Москвы и других крупных центров ведутся на волнах различной длины. Этим обеспечивается в любое время суток и года надежный прием радиовещательных программ по всему Советскому Союзу и за рубежом.

Распространение ультракоротких волн

Ультракороткие волны по своим свойствам наиболее близки к световым лучам — в основном они распространяются прямолинейно. Поэтому уверенный прием УКВ радиостанции возможен, если между ее антенной и приемной антенной можно мысленно провести прямую линию, которая по всей своей длине не встречает каких-либо препятствий: возвышенностей, лесов, строений и т. п. Это условие называется условием геометрической прямой видимости.

Практически прием УКВ радиостанций наблюдается и за пределами геометрической прямой видимости. Это объясняется тем, что УКВ распространяются, частично следуя за кривизной земной поверхности (явление дифракции). Вследствие этого расстояние, на котором возможен прием УКВ радиостанций, несколько увеличивается. Считают, что регулярный уверенный прием передач радиовещательных УКВ радиостанций, а также передач телевизионных центров, которые также работают на метровых волнах, обеспечивается в радиусе порядка 100 *км*.

Дальнее распространение УКВ. В последние годы было установлено, что метровые волны могут распространяться на значительно большие расстояния — иногда до нескольких тысяч километров. Если раньше считали, что метровые волны свободно проходят сквозь ионосферу в космическое пространство, так как ионосфера волны такой длины практически не преломляет и не отражает, то теперь установлено, что в годы высокой солнечной активности (ее максимумы повторяются через каждые 11 лет) в дневные часы ионизация верхних слоев атмосферы настолько высока, что метровые волны могут возвращаться из верхних слоев атмосферы на землю на больших расстояниях от передающих радиостанций.

Волны верхней части ультракоротковолнового диапазона — длиной около 10 *м* — по своим свойствам приближаются к коротким волнам. На волнах десятиметрового диапазона радиолюбителям в дневное

время часто удается вести связь на расстояниях от 1 500 до 15—17 тыс. *км*, используя передатчики очень малой мощности (см. раздел 5 этого Справочника).

В последние годы было обнаружено, что метеоры, проникающие в земную атмосферу, создают в ней следы из сильно ионизированных газов, которые не рассеиваются иногда в течение продолжительного времени. Следы эти отражают метровые волны, в результате чего становится возможным дальний прием передач телевизионных центров и других радиостанций, работающих на волнах 4—6 *м*.

Установлено также, что в нижних слоях атмосферы (в тропосфере) под действием воздушных потоков возникают слои или области, способные преломлять и отражать ультракороткие волны к земной поверхности. Последнее явление открывает возможность получить достаточно регулярный прием мощных УКВ радиостанций на расстоянии до 600 *км* (со специальными антеннами).

2-7. РАДИОПРИЕМ

Когда распространяющиеся в пространстве радиоволны (переменное электромагнитное поле) встречают на своем пути какой-либо проводник, они возбуждают в этом проводнике переменные токи ВЧ — таких же частот, как и токи в антенне передающей радиостанции.

На этом явлении основан прием радиопередач— радиоприем.

Приемная антенна. Для радиоприема нужна приемная антенна. В простейшем виде это провод, расположенный на некоторой высоте над землей и электрически изолированный от нее. (Практические конструкции приемных антенн см. в разделе 6 этого Справочника.)

В последнее время для радиоприема применяют так называемые магнитные антенны. Такая антенна представляет собой катушку из изолированного провода, расположенную на стержне из материала, обладающего высокой магнитной проницаемостью (см. § 3-4).

Токи ВЧ, возбужденные в антенне радиоволнами различных радиостанций, направляются в присоединенный к ней радиоприемник. Энергия этих токов в приемной антенне значительно меньше, чем в антеннах передающих радиостанций. Так, если электрический ток ВЧ в антенне радиовещательной станции имеет мощность в сотни и тысячи киловатт, то токи ВЧ в удаленных от нее приемных антеннах имеют мощность порядка микроватт. Когда ток ВЧ в антенне передатчика изменяется по амплитуде, вызывая соответственно изменения излучаемой энергии, то радиоволны отдают приемной антенне то больше, то меньше энергии. В результате в приемной антенне возникает модулированный ток ВЧ, амплитуда которого изменяется с частотой звука, действующего на микрофон; в антенне будут токи и с несущей частотой и с боковыми частотами. Соответственно при передаче с частотной модуляцией частота тока ВЧ в приемной антенне изменяется так же, как и в антенне радиовещательной станции.

Необходимость усиления при приеме. Так как энергия, получаемая радиоприемником от антенны, чрезвычайно мала, то для осуществления громкоговорящего приема приемник должен содержать усилители с электронными лампами или транзисторами (см. раздел 3 Справочника). Без усиления можно вести прием радиовещательных длинноволновых и

средневолновых станций только на головные телефоны при условии, если эти станции удалены от места приема более чем на несколько сотен километров и если антенный провод высоко подвешен над землей.

Детектор. Необходимым условием приема является наличие в радиоприемнике детектора — устройства, преобразующего модулированный ток ВЧ в токи НЧ таких же частот, как и создаваемые микрофоном при радиопередаче (см. § 3-8). В случае приема радиостанции с амплитудной модуляцией применяется амплитудный детектор, а в случае приема радиостанции с частотной модуляцией — частотный детектор.

Настройка приемника. Во всяком радиоприемнике обязательно имеются один или несколько резонансных контуров (см. § 1-17), с помощью которых осуществляется настройка приемника на желательную станцию. Сущность настройки заключается в том, что индуктивность катушек или емкость конденсаторов резонансных контуров изменяют так, что собственные частоты этих контуров делаются равными несущей частоте радиостанции, передачу которой хотят слушать. При этом резонансные контуры выделяют из всех принятых антенной передач только те, на которые они настроены, ослабляя передачу других станций. Применяя в радиоприемнике в соответствующем количестве резонансные контуры с высокой добротностью (см. § 1-17), можно добиться, что будет слышна передача только той станции, на которую эти контуры настроены, или, как говорят, получится прием без помех со стороны других станций.

2-8. ПОМЕХИ РАДИОПРИЕМУ

Атмосферные помехи

В земной атмосфере непрерывно происходят различные электрические процессы, например электризация облаков, электрические (грозовые) разряды. В ионизированных слоях атмосферы возникают электрические токи. Все эти явления создают электромагнитные поля, которые, распространяясь в пространстве и достигая приемных антенн, возбуждают в них переменные токи различных частот, в результате чего в телефонах и громкоговорителях радиоприемников слышны трески — атмосферные помехи.

Грозовые разряды, происходящие в непосредственной близости от приемной антенны, могут вызвать в ней очень большие токи, способные повредить радиоприемник. Поэтому при приближении грозы всегда нужно отсоединять приемник от антенны и соединять ее с землей через грозопереключатель (см. § 6-1).

Атмосферные помехи различны по силе на волнах разной длины, в различных местностях, в различное время года и суток, при различной погоде. При приеме коротких и ультракоротких волн они сказываются очень мало. Устранение атмосферных помех радиоприему практически невозможно.

Индустриальные помехи

Эти помехи, называемые также промышленными помехами, проявляют себя как трески и шумы в телефонах и громкоговорителях радиоприемников. Индустриальные помехи наблюдаются в местностях, где работают электростанции и различные электрические установки, аппараты и приборы: электродвигатели, киноустановки, аппараты электрической связи, медицинские электроприборы, электросварочные аппа-

раты, электрические звонки, системы электрического зажигания двигателей внутреннего сгорания (автомобильные, тракторные и т. п.).

Природа помех. При работе многих электрических устройств в их цепях, обладающих индуктивностью и емкостью, возникают электрические токи ВЧ подобно тому, как возникают высокочастотные колебания в замкнутом резонансном контуре (см. § 1-17). Токи ВЧ могут возникнуть, когда в электроустановке имеются размыкающиеся и замыкающиеся с искрением электрические контакты. Так, например, помехи в виде коротких щелчков часто слышны в громкоговорителях радиоприемников в моменты включения и выключения электрического выключателя. Если имеется неплотный контакт между гнездами штепсельной розетки и штепсельной вилкой настольной лампы, утюга или иного электрического прибора, либо в самом приборе, то на расположенной вблизи радиоприемник будут слышны трески, даже если искрение на этих контактах незаметно. Сильные помехи радиоприему создаются вследствие искрения между щетками и коллекторами генераторов электрических станций и электродвигателей.

Пути распространения помех. Высокочастотные токи, возникающие в электрических установках, поступают в провода электросети, по которым подводится питающий электроустановки электрический ток. Если в эту электросеть включен радиоприемник, то помехи могут проникнуть в него прямо по указанным проводам. Таким путем помехи доходят до радиоприемников, находящихся до нескольких километров от установки, создающей помехи.

Соединенные с электроустановками воздушные провода, по которым текут токи помехи, служат своеобразными излучающими антеннами. В результате в окружающем пространстве возникают электромагнитные волны. Они возбуждают в приемных антеннах токи ВЧ, вызывают трески и шумы в телефонах и громкоговорителях радиоприемников. Таким путем создаются помехи радиоприемникам, и не присоединенным к электросети, например приемникам с батарейным питанием. Однако помехи радиоприему, возникающие вследствие излучения проводов электросетей, наблюдаются на расстояниях не более нескольких десятков и сотен метров от создающих помехи электроустановок. Опасно только излучение от электросварочных аппаратов. Они могут создать помехи радиоприему на расстояниях в несколько километров.

При приеме на УКВ наблюдаются только помехи со стороны систем зажигания двигателей внутреннего сгорания.

Если антенна радиоприемника расположена очень близко к воздушным проводам электросети переменного тока, то в телефонах или громкоговорителе приемника может возникнуть непрерывный гул («фон») вследствие простой электромагнитной индукции переменного тока в антенном проводе. Это так называемая низкочастотная помеха.

Устранение индустриальных помех

Для уменьшения индустриальных помех радиоприему необходимо подавлять их непосредственно на месте возникновения. В частности, помехи уменьшаются, если устранить искрение на коллекторе электрического генератора или электродвигателя, в контактах других электроприборов.

Можно частично устранить помехи, если преградить путь токам ВЧ из создающей их электроустановки в подключенные к ней провода

с помощью помехозащитных устройств. Простейшими помехозащитными устройствами являются конденсаторы емкостью от десятков тысяч пикофарад и выше. Они включаются между создающими помехи цепями электрического прибора и его корпусом. Соединение последнего с землей способствует дальнейшему уменьшению помех. Помехозащитные конденсаторы применяются во всех электрических пылесосах, полотерах и других приборах. Конденсаторы обладают малым сопротивлением для токов ВЧ. Поэтому высокочастотный ток, возникающий в электрическом устройстве, почти полностью проходит через конденсаторы и только небольшая его часть ответвляется в электрические провода. Если основной ток в проводах постоянный, он не проходит через конденсаторы. Если же в электросети ток переменный с частотой 50 *гц*, то в конденсаторы указанной емкости ответвляется очень небольшой ток, так как они для низких частот представляют значительное сопротивление.

Индустриальные помехи радиоприему можно ослабить, удалив приемную антенну от проводов электросети и расположив ее перпендикулярно этим проводам. Значительное ослабление индустриальных помех удается получить, применяя антишумовую антенну (см. § 6-1).

Замирания приема

При приеме радиопередач на коротких и средних волнах время от времени наблюдаются кратковременные ослабления слышимости радиостанций, иногда до полного ее пропадания. Это явление называется замиранием. Одна из причин его — кратковременные изменения условий преломления и поглощения радиоволн в ионосфере (см. § 2-6). Замирание может быть вызвано также тем, что радиоволны достигают приемной антенны различными путями. В некоторые моменты времени радиоволны, пришедшие от одной и той же радиостанции, но различными путями, могут возбудить в приемной антенне токи ВЧ в противоположных фазах (см. §.1-2), т. е. ослабляющие или полностью уничтожающие друг друга.

Собственные шумы радиоприемников

Свободные электроны проводников (см. § 1-13) находятся в непрерывном движении, при этом направления и скорости их движения в различные моменты времени различны. В результате этого явления в проводниках возникают слабые токи, непрерывно изменяющие свою величину и направление, — шумовые, или флуктуационные, токи. Они создают между концами проводников небольшие флуктуационные (шумовые) напряжения.

Подобное же явление имеет место и в полупроводниках, где в создании флуктуационных токов и напряжений принимают участие также беспорядочно возникающие и исчезающие дырки (см. § 1-13).

В электронных лампах электроны вылетают из нагретых катодов (см. § 10-1) не совсем равномерно — в отдельные равные промежутки времени вылетает различное число электронов. В многосеточных лампах ток эмиссии катода неравномерно распределяется во времени между анодом и положительно заряженными сетками. Когда на эти сетки попадает большее число электронов, анодный ток несколько уменьшается, а когда на сетки попадает меньшее число электронов — анодный ток несколько увеличивается. Все эти изменения анодного тока беспо-

рядочны. Они тоже создают в цепях радиоприемников шумовые (флуктуационные) напряжения.

Хотя все эти шумовые напряжения очень малы, но в радиоприемниках, содержащих усилители, они увеличиваются по амплитуде и становятся слышными в телефонах и громкоговорителях. Чем больше усиление, тем громче шумы в громкоговорителе. Супергетеродинные приемники (см. § 3-3) «шумят» больше, чем приемники прямого усиления. Радиоприемники на транзисторах шумят больше, чем приемники на электронных лампах.

К числу собственных (внутренних) шумов приемников, питаемых от сети переменного тока, относятся также фон переменного тока — непрерывный гул низкого тона, слышимый в громкоговорителях вследствие недостаточного сглаживания пульсаций фильтрами выпрямителей (см. § 8-2).

2-9. РАДИОТРАНСЛЯЦИОННЫЕ УЗЛЫ

В Советском Союзе широко применяется комбинированный способ передачи радиовещательных программ — по радио и по проводам.

Если от радиоприемника протянуть провода к соседним домам и подключить к этим проводам громкоговорители — будет осуществлен такой комбинированный способ передачи радиовещательных программ: передача от радиовещательной станции до приемника происходит по радио, а от приемника к удаленным от него громкоговорителям — по проводам токами низкой частоты. Провода эти называют *радиотрансляционными линиями*, а громкоговорители — *радиоточками* (абонентскими точками).

Приемник с подключенными к нему громкоговорителями является простейшим *радиотрансляционным узлом* (сокращенно его называют радиоузлом).

Так как приемник обладает относительно небольшой мощностью, то от него может нормально работать небольшое число громкоговорителей. Поэтому для радиофикации даже небольшого поселка надо увеличить мощность, которую отдает приемник. Для этого к приемнику добавляют усилитель. От приемника с мощным усилителем можно радиофицировать территорию целого района с несколькими тысячами и даже десятками тысяч радиоточек.

Через радиотрансляционные узлы можно не только передавать абонентам (владельцам радиоточек) радиопередачи, принятые приемником, но также и производить местные передачи по проводам. Для этого к усилителю узла вместо радиоприемника подключают микрофон. Он преобразует речь, пение или музыку в электрические переменные токи, которые после усиления передаются по радиотрансляционным линиям к радиоточкам, где они вновь преобразуются в звук.

Местные передачи можно вести не только через микрофон, но также и с помощью аппаратов для звукозаписи, для чего на узле необходимо иметь еще граммофонное устройство или магнитофон (см. § 7-4 и 7-5).

Все оборудование радиотрансляционного узла, служащее как для приема радиовещания и передачи его в радиотрансляционные линии, так и для передачи местного вещания, составляет *станционное оборудование*. Помещение, в котором установлено это оборудование, называется *станцией узла*. Расходящиеся от станции узла радиотрансляционные линии образуют *радиотрансляционную сеть*.

2-10. «СИГНАЛ»

Что такое «сигнал»?

Сигналами называют различные физические процессы, несущие в себе сообщения (информацию).

В радиотехнике и вообще в технике связи понятия «электрический сигнал» и «радиосигнал» имеют очень широкое применение, приобретая в различных случаях те или иные конкретные значения.

В общем виде «электрический сигнал» и «радиосигнал» — это передаваемая соответственно по проводам или без проводов (по радио) электромагнитная энергия, несущая в себе какое-либо сообщение. Слово «сообщение» при этом надо понимать в очень широком смысле.

Сигнал проверки времени, передаваемый по радио, — это сообщение о том, который пошел час. Передача по радио последних известий — это сообщения (информация) о событиях, происшедших в нашей стране, за рубежом, в космосе. Передача со стадиона — это сообщения о ходе игры в футбол, в хоккей. Передачу концерта по радио или по телевидению тоже можно назвать сообщением в том смысле, что радиослушатели и радиозрители узнают, что происходит в концертном зале, в студии. Все эти сообщения (информации) при помощи микрофонов приобретают форму электрических сигналов, которые передаются по проводам и радио.

Однако и в перерывах между радиопередачами, когда радиовещательная станция остается включенной и ее антенна излучает электромагнитную энергию, можно считать, что эта станция передает информацию о том, что она включена.

Энергию различных электрических и радиосигналов при помощи тех или иных приборов превращают в другие виды энергии, которые способны непосредственно воздействовать на наши органы чувств. В этом заключается прием сигналов, прием сообщений, информаций. Так, сигналы радиовещательной станции, принятые радиоприемником, с помощью громкоговорителя превращаются в звуковые сигналы, которые и воспринимаются радиослушателем как речь, музыка, шумы и т. п. Наличие сигнала в перерывах между передачами можно установить с помощью измерительного прибора, подключенного к радиоприемнику. Сигналы телевизионного центра (телевизионные сигналы), принятые телевизором, превращаются в световые сигналы, из которых слагается изображение, видимое телезрителем на экране своего телевизора (см. раздел 4).

Виды сигналов

Сигналы различаются по частоте. Так, например, ток в антенне радиовещательной станции или в приемной антенне — это *высокочастотный* сигнал. При модуляции мы имеем дело с *модулированным ВЧ сигналом*, а в отсутствие модуляции — с немодулированным ВЧ сигналом — *сигналом несущей частоты*. Напряжение и ток, получаемые от микрофона, граммофонного звукоснимателя, а также ток через громкоговоритель, телефонные трубки — это *низкочастотный сигнал*.

Каналы передачи и частотные каналы

Канал передачи. Совокупность всех устройств, с помощью которых производится передача сигнала, называется *каналом передачи* (каналом связи). Так, при радиотелефонной передаче в канал входит вся

аппаратура и провода, начиная от микрофона и кончая громкоговорителем.

В ряде случаев при помощи одних и тех же устройств осуществляется одновременная передача нескольких сообщений (например, телефонных разговоров). Такая система передачи называется многоканальной.

Частотный канал. Термин «канал» может иметь и другое значение. Частотным каналом называют полосу частот, отведенных для передачи сигнала, например для передачи телевизионной программы. Иначе говоря, в частотный канал входят все частоты, заключенные в интервале между двумя определенными (граничными) частотами.

2-11. ДЕЦИБЕЛЫ

Определение усиления и ослабления сигналов в децибелах

Децибел — это единица, применяемая для количественной оценки изменения (усиления или ослабления) уровня, т. е. величины сигнала в различных частях каналов передачи. В децибелах оценивают также разницу в уровнях громкости звука или звукового давления (см. § 7-1). В децибелах выражают, например, усиление сигналов в усилителе — отношение уровня электрического сигнала, получаемого от усилителя (уровня на его выходе), к уровню электрического сигнала, подводимого к этому прибору (уровню на его входе). В децибелах принято выражать отношение сигналов различных частот на выходе усилителя или приемника, когда сигналы всех этих частот имеют одинаковые уровни на входе; при этом отношение уровней различных частот на выходе показывает, насколько сигналы одних частот усиливаются хуже или лучше сигналов с другими частотами (см. § 3-2).

Уровни электрических сигналов отличаются на 1 децибел (1 *дб*), если мощность одного из них в 1,26 раза больше или меньше другого.

Уровни звука отличаются на 1 *дб*, когда действующая величина звукового давления, создаваемого одним из них, в 1,12 раза больше или меньше действующей величины звукового давления другого. Если система преобразования электрического сигнала в звуковой линейна, то звуковое давление пропорционально напряжению электрического сигнала.

Отметим, что пользование децибелами для слуховой оценки изменения уровня громкости звука или электрического сигнала удобно потому, что на средних звуковых частотах ухо отмечает увеличение или уменьшение громкости, когда оно составляет примерно 1 *дб*.

Если сравнивают мощности P_1 и P_2, разницу между их уровнями в децибелах можно определить по формуле

$$S = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}. \qquad (2\text{-}6)$$

Когда же сравнивают напряжения U_1 и U_2 (действующие значения), то разницу между их уровнями в децибелах вычисляют по формуле

$$S = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}. \qquad (2\text{-}7)$$

Разницу в громкости звука определяют по формуле

$$S = 20 \lg \frac{p_2}{p_1}, \tag{2-8}$$

где p_1 и p_2 — действующие величины звуковых давлений.

Из этой формулы следует, что ощущение громкости звука пропорционально логарифму сравниваемых звуковых давлений.

Для случая, когда P_1 и U_1 — соответственно мощность и напряжение на входе усилителя, а P_2 и U_2 — мощность и напряжение на его выходе, S выражает соответственно усиление в децибелах по мощности или напряжению. При этом надо иметь в виду, что если напряжения U_1 и U_2 действуют на сопротивлениях неодинаковой величины, усиление по напряжению в децибелах не равно усилению по мощности.

Для случая, когда P_2 меньше P_1 или U_2 меньше U_1, величина S, получаемая из формул (2-6) или (2-7), имеет отрицательный знак, что указывает на ослабление сигнала.

В табл. 2-2 даны величины усиления и ослабления сигнала в децибелах, соответствующие различным отношениям мощностей и напряжений.

Таблица 2-2

Пересчет отношений электрических напряжений, мощностей и звуковых давлений в децибелы

Децибелы	Отношение напряжений или звуковых давлений	Отношение мощностей	Децибелы	Отношение напряжений или звуковых давлений	Отношение мощностей
0	1,00	1,0	14	5,0	25,0
1	1,12	1,26	16	6,3	40
2	1,26	1,6	18	7,9	63
3	1,41	2,0	20	10	100
4	1,6	2,5	30	32	1 000
5	1,8	3,2	40	100	10 000
6	2,0	4,0	50	320	100 000
7	2,2	5,0	60	1 000	1 млн.
8	2,5	6,3	70	3 200	10 млн.
9	2,8	8,0	80	10 000	100 млн.
10	3,2	10,0	90	32 000	1 млрд.
12	4,0	16,0	100	100 000	10 млрд.

Примечание. Для величин более 3 *дб* отношения даны округленно.

Уровни сигнала в децибелах. Децибелы удобны также для измерения абсолютной величины сигнала. При этом принят условный нулевой уровень сигнала, соответствующий мощности $P = 1$ *мвт* (0,001 *вт*), выделяемой на активном сопротивлении $r = 600$ *ом* (подобно тому, как при измерении температуры за нуль градусов принята температура таяния льда при нормальном атмосферном давлении). При такой мощности на сопротивлении указанной величины получается напряжение (действующее значение)

$$U = \sqrt{PR} = \sqrt{0{,}001 \cdot 600} = 0{,}775 \text{ в}.$$

Эта величина и принята за нулевой уровень электрического напряжения.

Для определения уровня мощности сигнала в децибелах пользуются формулой

$$S = 10 \lg \frac{P}{0{,}001}, \qquad (2\text{-}9)$$

или

$$S = 10 \lg 1\,000\, P,$$

где P — в ваттах, а для определения уровня напряжения в децибелах применяют формулу

$$S = 20 \lg \frac{U}{0{,}775} \qquad (2\text{-}10)$$

или

$$S = 20 \lg 1{,}29\, U,$$

где U — действующее значение напряжения сигнала, *в*.

Если в цепи выделяется мощность больше 1 *мвт* или напряжение больше 0,775 *в*, — уровни будут положительными, когда же мощность или напряжение меньше указанных величин, — уровни отрицательные.

В цепях, сопротивление которых отличается от 600 *ом*, уровень напряжения не равен уровню мощности в децибелах.

В табл. 2-3 указаны уровни сигнала в децибелах, соответствующие различным напряжениям сигнала.

Таблица 2-3

Уровни напряжения в децибелах

Напряжение, *в*	Уровень, *дб*	Напряжение, *в*	Уровень, *дб*	Напряжение, *в*	Уровень, *дб*	Напряжение, *в*	Уровень, *дб*
0,001	—58	0,08	—20	5	16	45	35
0,002	—52	0,09	—19	6	18	50	36
0,003	—48	0,1	—18	7	19	60	38
0,004	—46	0,2	—12	8	20	70	39
0,005	—44	0,3	—8,2	9	21	80	40
0,006	—42	0,4	—5,8	10	22	90	41
0,007	—41	0,5	—3,3	12	24	100	42
0,008	—40	0,6	—2,2	14	25	120	44
0,009	—39	0,7	—0,88	16	26	140	45
0,01	—38	0,775	0	18	27	160	46
0,02	—32	0,8	0,26	20	28	180	47
0,03	—28	0,9	1,3	25	30	200	48
0,04	—26	1	2,3	30	32	220	49
0,05	—24	2	8,2	35	33	240	50
0,06	—22	3	12	40	34		
0,07	—21	4	14				

За нулевой уровень громкости звука принимают порог чувствительности уха при частоте звуковых колебаний 1 000 *гц* — 0,0002 $дин/см^2$ (см. § 7-1).

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЕ ПРИЕМНИКИ И УСИЛИТЕЛИ

3-1. КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Радиоприемники, с которыми приходится иметь дело радиолюбителю, классифицируют по различным признакам.

Прежде всего радиоприемники разделяют по назначению: на радиовещательные — предназначенные для приема программ, передаваемых радиовещательными станциями, телевизионные (сокращенно «телевизоры»)—для приема передач телевизионных центров и связные — для связи между радиолюбителями.

Радиоприемники, рассчитанные для приема передач (сигналов) только на определенных диапазонах волн, называют соответственно этим диапазонам, например КВ приемник или УКВ приемник.

Радиовещательный приемник, с помощью которого можно вести прием радиовещательных станций с амплитудной модуляцией на ДВ, СВ и КВ, а также с частотной модуляцией на УКВ, называют сокращенно АМ—ЧМ приемником.

Этот раздел справочника посвящен в основном схемам радиовещательных приемников, предназначенных для приема радиовещательных программ на длинных, средних и коротких волнах. Схемы радиоприемников для любительских связей на УКВ описаны в § 5-2 Справочника.

Далее приемники разделяют на детекторные, ламповые и транзисторные (полупроводниковые).

Детекторные — это самые простые приемники. Они работают исключительно за счет энергии принимаемых антенной модулированных ВЧ сигналов; преобразование этих сигналов в колебания НЧ осуществляется точечным полупроводниковым диодом — кристаллическим детектором (см. § 11-2); усиление сигналов в этих приемниках не осуществляется; источников электропитания для своей работы они не требуют. Имея детекторный приемник, можно слушать передачи радиовещательных станций, работающих на СВ и ДВ, на телефонные трубки (наушники).

В ламповых радиоприемниках осуществляется усиление сигналов с помощью электронных ламп (см. раздел 10). Преобразование частоты сигналов производится также с помощью электронных ламп либо с помощью полупроводниковых диодов.

В транзисторных (полупроводниковых) приемниках усиление сигналов производится с помощью транзисторов (см. § 11-3). Преобразование частоты сигналов также осуществляется с помощью транзисторов либо с помощью точечных полупроводниковых диодов.

Встречаются радиоприемники с комбинированным использованием электронных ламп, транзисторов и полупроводниковых диодов.

По особенностям электрических схем ламповые и транзисторные радиоприемники разделяют на две группы: приемники прямого усиления и супергетеродины (подробнее см. § 3-3). Большинство ламповых и транзисторных радиоприемников дает возможность слушать радиовещательные программы на громкоговорители, которые входят в конструкцию приемников.

Для работы ламповых и транзисторных приемников необходимы источники электропитання. По способу электропитания те и другие

приемники разделяются на: 1) батарейные — получающие электроэнергию для своей работы от гальванических или аккумуляторных батарей (либо от термогенераторов); 2) сетевые — получающие энергию для работы от электросетей и 3) приемники с универсальным питанием, приспособленные для работы от любого из этих источников питания. Транзисторные приемники преимущественно бывают батарейными.

Ламповые и транзисторные радиовещательные приемники, имеющие граммофонные звукосниматели, и электродвигатели, т. е. приемники, через громкоговорители которых, помимо радиопередач, можно прослушивать (воспроизводить) записи на граммофонных пластинках, называют радиолами.

Устройство, объединяющее в одной конструктивной единице радиовещательный приемник, телевизор, проигрыватель граммофонных пластинок, а иногда и магнитофон, называют телерадиолой, радиокомбайном.

По конструктивному оформлению радиоприемники разделяют на стационарные — рассчитанные для постоянной работы в комнатных условиях, автомобильные — сконструированные в расчете на установку и эксплуатацию в автомашинах и переносные — легкие портативные приемники, рассчитанные на работу практически в любых условиях. Последние в зависимости от размера, формы, назначения и способа переноски называют походными, туристскими, карманными, чемоданными, ранцевыми и т. д.

Стационарные радиоприемники, радиолы и телевизоры, предназначенные для установки на столе, называются настольными, а рассчитанные для установки на полу (радиоприемники, радиолы и телевизоры больших размеров) — консольными.

Стационарные радиовещательные приемники промышленного изготовления разделяются на пять классов: высший, первый, второй, третий и четвертый (см. табл. 3-1). При этом сетевые приемники выпускаются всех пяти классов, а батарейные только второго, третьего и четвертого классов.

3-2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Номинальная выходная мощность

Номинальная выходная мощность — это максимальная электрическая мощность НЧ, которая подводится к громкоговорителю (или громкоговорителям, если приемник имеет несколько громкоговорителей), при заданной величине коэффициента нелинейных искажений (см. § 1-2). Сетевые приемники имеют выходную мощность 0,5—10 *вт*, батарейные — 0,05—0,25 *вт*. Карманные приемники с транзисторами и миниатюрными громкоговорителями обычно имеют выходную мощность 10—100 *мвт*. Выходная мощность большую часть времени меньше номинальной величины, достигая ее лишь в течение коротких промежутков времени — в моменты наиболее сильных звуков в передаваемой программе. Чем больше размер помещения, которое должен обслуживать приемник, тем больше должна быть его выходная мощность. Выходную мощность приемника не следует смешивать со звуковой мощностью, излучаемой громкоговорителем, т. е. с акустической мощностью. Акустическая мощность состав-

ляет лишь 1—3% электрической мощности, так как к. п. д. громкоговорителей очень мал. Для уменьшения искажений номинальная выходная мощность приемника должна быть на 20—50% ниже, чем номинальная электрическая мощность громкоговорителя (значение этой мощности указывается в паспорте громкоговорителя).

Чувствительность с антенного входа

Этот параметр приемника определяется величиной напряжения ВЧ сигнала при 30%-ной модуляции, который нужно подать на вход приемника, чтобы получить на его выходе 0,1 номинальной выходной мощности. Чем меньше входное напряжение, необходимое для получения такой мощности, тем выше чувствительность приемника, т. е. тем более слабые сигналы, более далекие станции способен он принимать. Чувствительность приемника измеряется в микровольтах. Чем меньшим числом микровольт выражается чувствительность приемника, тем она лучше. У лучших современных радиовещательных приемников она составляет единицы и десятки микровольт. Для простых приемников она составляет сотни и тысячи микровольт. Чувствительность приемника зависит от диапазона волн, и, кроме того, она изменяется в пределах каждого диапазона; в паспортах заводских радиоприемников обычно указываются худшие численные значения чувствительности для каждого диапазона.

Чувствительность приемника тем выше, чем больше общее усиление всех его каскадов. Однако радиоприемник может хорошо принимать лишь те сигналы, уровень которых после усиления значительно превышает уровень собственных шумов приемника (см. § 2-8). При приеме радиовещательных передач уровень сигнала должен быть больше уровня собственных шумов приемника не менее чем в 10 раз (20 *дб*). Чувствительность регенеративных приемников (см. § 3-8) зависит от величины положительной обратной связи. Чем больше обратная связь, тем чувствительность больше; она может достигать 5—15 *мкв* даже в 2—3-ламповых приемниках. Однако при большой обратной связи прием становится неустойчивым. Небольшие изменения питающих напряжений, изменения параметров ламп и другие причины приводят к резкому изменению чувствительности и избирательности регенеративного приемника и могут даже сделать прием совсем невозможным.

Избирательность

Избирательность приемника характеризует его способность выделять сигналы принимаемой станции или, как говорят, отстраиваться от сигналов других радиостанций.

Избирательность по соседнему каналу. Представление об избирательности приемника дает его резонансная характеристика, показывающая изменение чувствительности приемника при расстройке от частоты сигнала принимаемой радиостанции (рис. 3-1). Чем круче идут вверх ветви кривой, тем выше избирательность приемника. Ее принято характеризовать цифрами, показывающими, на сколько децибел (или во сколько раз) приемник хуже усиливает сигнал радиостанции, частота которой отличается от частоты принимаемой станции на 10 *кгц* (в диапазоне УКВ на 250 *кгц*). Этот параметр называют избирательностью приемника по соседнему каналу.

Максимальная чувствительность приемника, имеющего резонансную кривую, показанную на рис. 3-1, равна 20 *мкв*, а к сигналам с частотами,

отличающимися от резонансной частоты на ±10 *кгц*, чувствительность его в 250 раз (на 48 *дб*) хуже — она составляет 5 000 *мкв*.

Избирательность приемника зависит от числа и добротности применяемых в нем резонансных контуров.

У приемников прямого усиления (см. § 3-3) избирательность существенно зависит от принимаемой длины волны. Она обычно хуже на КВ и УКВ, чем на ДВ и СВ. Избирательность супергетеродинных приемников (см. § 3-3) в диапазонах КВ, СВ и ДВ изменяется незначительно.

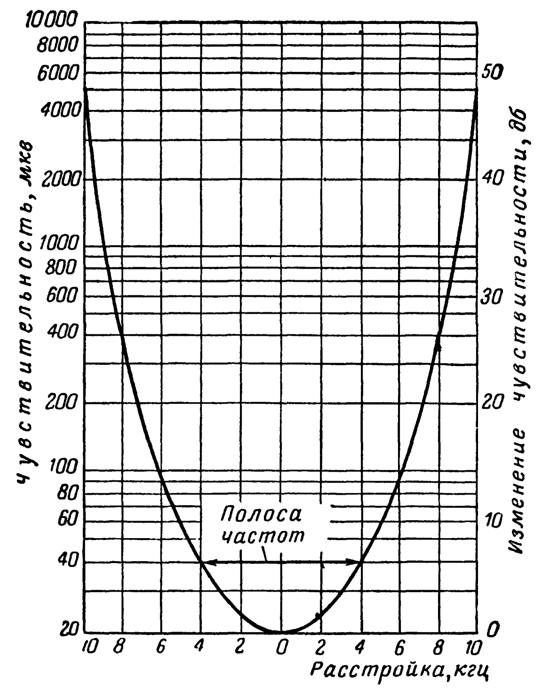


Рис. 3-1. Пример резонансной кривой радиоприемника.

Избирательность по зеркальному каналу. Супергетеродинный приемник, кроме станции, на которую он настроен, может одновременно принимать станцию, несущая частота которой отличается от принимаемой на удвоенную промежуточную частоту. Эта несущая частота называется частотой зеркального канала. Например, если частота сигнала 1 000 *кгц*, а промежуточная частота 465 *кгц*, тогда частота зеркального канала («зеркальная помеха») имеет частоту 1 000 + (2 × 465) = 1 930 *кгц*. Практически зеркальная помеха наблюдается только при сильных сигналах мешающей станции. Чтобы избежать помех приему со стороны станций, частоты которых совпадают с частотами зеркального канала, чувствительность приемника на этих частотах должна быть во много раз меньше, чем на частоте станции, на которую он настроен.

Избирательность по зеркальному каналу зависит от количества и качества контуров супергетеродинного приемника до преобразователя частоты. Кроме того, избирательность приемника по зеркальному каналу тем лучше, чем выше промежуточная частота.

Диапазон частот и волн

Это область частот (волн), в пределах которой возможен прием радиостанций на данный приемник. Сетевые радиоприемники промышленного изготовления имеют следующие диапазоны: длинноволновый от 722 до 2 000 *м* (415—150 *кгц*), средневолновый от 187 до 578 *м* (520—1 600 *кгц*), коротковолновый от 25 до 75 *м* (3,95—12,1 *Мгц*) и ультракоротковолновый от 4,1 до 4,65 *м* (64,5—73,0 *Мгц*). Вместо общего КВ диапазона некоторые приемники имеют несколько отдельных поддиапазонов (так называемые растянутые или полурастянутые диапазоны), перекрывающих лишь отдельные участки диапазона шириной 300—500 *кгц* вблизи волн длиной 25, 31, 41, 49 и 75 *м*, в пределах которых ведутся радиовещательные передачи (см. табл. 2-1). Разбивка КВ диапазона на поддиапазоны значительно облегчает настройку приемника на радиостанции.

Некоторые промышленные и радиолюбительские приемники позволяют принимать только одну или несколько заранее выбранных радиостанций. Такие приемники называют приемниками с фиксированной настройкой. Выбор желаемой радиостанции осуществляется переключателем того или иного типа (кнопочный, клавишный и т. д.). Фиксированная настройка применяется лишь для приема местных радиостанций, работающих в диапазонах ДВ и СВ.

Чувствительность с гнезд звукоснимателя

Чувствительность с гнезд звукоснимателя приемника — это величина напряжения НЧ, которое нужно подать на эти гнезда (т. е. на вход усилителя НЧ приемника), чтобы получить на выходе приемника номинальную выходную мощность. Для большей части приемников чувствительность с гнезд звукоснимателя составляет около 0,25 *в*.

Качество воспроизведения передачи

Качество воспроизведения передач радиоприемником тем выше, чем меньше вносимые им искажения.

Частотные искажения. Чтобы радиопередача воспроизводилась без заметных искажений, приемник должен обеспечить достаточно равномерное усиление всех частот, излучаемых передающей радиостанцией при модуляции. Однако отдельные каскады радиоприемника неодинаково усиливают различные частоты, что и приводит к появлению частотных искажений.

О величине частотных искажений можно судить по частотным характеристикам, показывающим зависимость коэффициента усиления от частоты. Различают следующие частотные характеристики радиоприемника:

1. Частотную характеристику усилителя НЧ приемника (от входа до выхода усилителя НЧ).

2. Частотную характеристику приемника (от антенного входа до выхода усилителя НЧ); она называется кривой верности приемника.

В паспортных данных приемников промышленного изготовления обычно указывается полоса частот, определяемая по кривой верности. Пример частотной характеристики приемника приведен на рис- 3-2. Из него видно, что нижние и верхние звуковые частоты усиливаются приемником хуже, чем средние.

Частотные искажения полностью отсутствуют, если частотная характеристика представляет прямую линию.

Частотные искажения очень заметны на слух. Так, ослабление нижних звуковых частот лишает звук сочности, придает ему звенящий металлический тембр. Ослабление верхних звуковых частот придает звучанию глухой «бубнящий» характер. Для хорошего воспроизведения

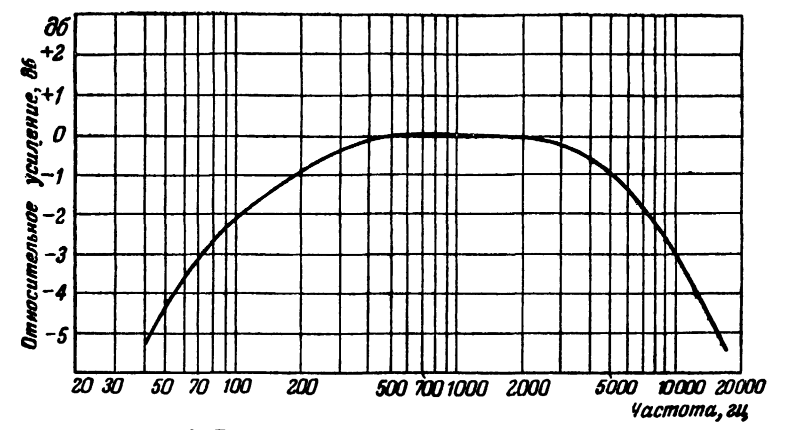


Рис. 3-2. Типичная частотная характеристика приемника.

речи и музыки приемник должен иметь полосу частот 100—4 000 *гц* и для высококачественного воспроизведения 60—6 500 *гц*.

Под полосой воспроизводимых частот обычно понимается полоса звуковых частот, в пределах которой усиление приемника уменьшается не более чем в 2 раза (на 6 *дб*). Она зависит от полосы пропускания высокочастотной части приемника. Под последней понимается полоса частот, в пределах которой чувствительность приемника уменьшается не более чем в 2 раза (на 6 *дб*) от своего максимального значения (рис. 3-1).

Так, для радиоприемника, частотная характеристика которого приведена на рис. 3-1, полоса пропускания составляет 8 *кгц*.

С учетом частотных искажений, создаваемых громкоговорителем, неравномерность воспроизведения частот в пределах полосы пропускания больше (для заводских приемников допускается до 14—18 *дб*).

Чем шире полоса пропускания и чем равномернее усиление в пределах полосы пропускания, тем меньше частотные искажения и. лучше качество воспроизведения передач. Однако чрезмерное расширение полосы пропускания ухудшает избирательность приемника, сужение же полосы пропускания увеличивает частотные искажения и ухудшает качество звучания.

В некоторых приемниках можно изменять полосу пропускания. При приеме местных мощных радиостанций, когда помехи невелики,

выгодна широкая полоса пропускания, так как при этом обеспечивается наиболее высокое качество звучания. Прием дальних радиостанций обычно сопровождается значительными помехами, для уменьшения которых полоса пропускания уменьшается. Устройство, регулирующее полосу пропускания радиоприемника, обычно механически объединено с ручкой регулятора тембра верхних звуковых частот (см. § 3-11) так, что при уменьшении полосы пропускания одновременно осуществляется ослабление этих частот в усилителе НЧ радиоприемника.

Нелинейные искажения. Нелинейными называются искажения, которые проявляются в том, что форма сигнала на выходе приемника (или усилителя) отличается от формы сигнала на входе. Это означает появление в воспроизводимом сигнале дополнительных частот. При синусоидальной форме входного сигнала сигнал на выходе устройства, кроме основной частоты (первой гармоники), содержит высшие гармоники (см. § 1-2). Чем сильнее искажается усиливаемый сигнал, тем больше амплитуды гармоник, тем больше коэффициент нелинейных искажений. Ухо не замечает нелинейных искажений, если коэффициент нелинейных искажений не превышает 5—8%. Такому условию удовлетворяют высококачественные приемники и усилители. В более простых приемниках и усилителях коэффициент нелинейных искажений может составлять 12—15%.

Нелинейные искажения проявляются обычно в виде хрипов и дребезжаний, искажающих воспроизводимую передачу. Наибольшие нелинейные искажения возникают, как правило, в оконечном каскаде усиления НЧ (см. § 3-11).

Потребляемая мощность

Потребляемая мощность — это электрическая мощность, которую приемник расходует от источников питания (сеть переменного тока, гальваническая или аккумуляторная батарея и т. п.). По потребляемой мощности судят об экономичности приемника. Чем она меньше, тем дешевле эксплуатация приемника. Питание ламповых батарейных приемников значительно дороже, чем сетевых. Поэтому снижение потребляемой ими мощности от батарей особенно важно. В инструкциях и описаниях батарейных приемников часто указывается не мощность, а токи, потребляемые приемниками от источников питания.

Устойчивость работы

Работу радиоприемника можно считать устойчивой, если при изменении питающих напряжений, при смене ламп и изменении параметров ламп со временем, при изменении температуры и влажности окружающего воздуха основные качественные показатели радиоприемника изменяются в допустимых пределах.

Радиоприемник должен обеспечивать устойчивую работу также при изменении входного сигнала в широких пределах. Нижний предел (наименьшее напряжение входного сигнала) определяется чувствительностью, а верхний предел — способностью приемника к перегрузкам. Если даже при значительном увеличении входного сигнала радиоприемник обеспечивает устойчивый и неискаженный прием радиопередачи, то говорят, что он «не боится перегрузок». Способность приемника выдерживать перегрузки определяется способностью к перегрузкам отдельных каскадов приемника: усилителей ВЧ, НЧ и ПЧ, детектора, преобразователя частоты.

Таблица 3-1

Усредненные характеристики радиовещательных приемников

Тип приемника	Диапазон волн	Чувствительность, *мкв*	Избирательность по соседнему каналу, *дб*	Полоса воспроизводимых частот, *гц*	Выходная мощность, *вт*	Потребляемая мощность, *вт*
Промышленные приемники высшего класса	ДВ СВ КВ УКВ	15—40 15—40 10—30 4—10	} 70—76 40—56	50—12 000	4—8	90—120
Промышленные приемники первого класса	ДВ СВ КВ УКВ	20—50 25—40 15—75 4—10	} 40—60 30—60	60—12 000	4—6	80—100
Промышленные сетевые приемники второго класса	ДВ СВ КВ УКВ	40—70 30—70 30—100 5—15	} 35—50 25—60	80—10 000	1,5—3	60—80
Промышленные сетевые приемники третьего класса	ДВ СВ КВ	50—200 80—150 180—250	} 20—30	100—6 000	0,5—0,1	40—60

Продолжение табл. 3-1

Тип приемника	Диапазон волн	Чувствительность, *мкв*	Избирательность по соседнему каналу, *дб*	Полоса воспроизводимых частот, *гц*	Выходная мощность, *вт*	Потребляемая мощность, *вт*
Промышленные сетевые приемники четвертого класса	ДВ СВ	100—200 100—250	20—30	200—4 000	0,5—1,0	40—60
Промышленные батарейные приемники	ДВ СВ КВ	50—150 100—150 100—200	20—35	200—5 000	0,04—0,2	0,5—0,8
Самодельные сетевые ламповые приемники *	ДВ СВ КВ	300—1 000 500—1 000 800—1 500	20—30 15—20	200—8 000	0,5—3	40—80
Самодельные ламповые батарейные приемники*	ДВ СВ	500—1 000 800—2 000	15—25	200—4 000	0,03—0,2	0,4—1,0

* Приемники с одним каскадом усиления ВЧ, ламповым детектором без обратной связи и одним каскадом усиления НЧ.

Стабильность частоты гетеродина. В супергетеродинных приемниках (см. § 3-3) стабильность, т. е. постоянство частоты гетеродина, является одним из факторов, определяющих возможность устойчивого приема радиостанций.

Так как промежуточная частота супергетеродина равна разности частот сигнала и гетеродина, изменение частоты гетеродина приводит к изменению ПЧ. Поскольку усилитель ПЧ пропускает лишь относительно узкую полосу частот и имеет постоянную настройку, он при изменении частоты гетеродина оказывается расстроенным относительно промежуточной частоты, и усиление его, а следовательно, и чувствительность радиоприемника уменьшаются.

3-3. БЛОК-СХЕМЫ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Детекторный приемник (рис. 3-3)

Простейший детекторный приемник имеет один резонансный контур, настраиваемый тем или иным способом на частоту принимаемой радиостанции. Детектирование осуществляется с помощью точечного полупроводникового диода (детектора) *Д*. Прием передач осуществляется на головные телефоны; желательно, чтобы их сопротивление было 2 000 *ом* или выше (высокоомные телефоны).

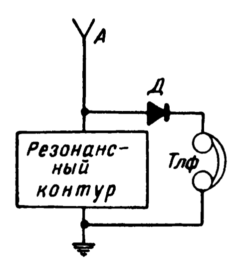


Рис. 3-3. Блок-схема детекторного приемника.

Так как детекторный приемник получает энергию для своей работы только из антенны и чувствительность его невелика, то для детекторного приемника следует применять хорошую антенну и заземление. Детекторные приемники применяются для приема местных или не очень удаленных ДВ и СВ радиовещательных станций (на расстоянии до 500—800 *км*).

Детекторные приемники различаются в основном конструктивным выполнением колебательных контуров и способами их настройки.

Приемник прямого усиления (рис. 3-4, *а*)

Приемники прямого усиления используются для приема радиовещательных станций и для любительской связи на КВ и УКВ.

Возникший в антенне под действием радиоволн ВЧ сигнал подается на вход первого каскада приемника через так называемое в х о д н о е у с т р о й с т в о, которое служит для выделения сигналов нужной радиостанции и ослабления сигналов мешающих радиостанций. В большинстве случаев входное устройство представляет собой резонансный контур, настраиваемый на частоту принимаемой станции.

От входного устройства сигнал подводится к усилителю ВЧ, имеющему обычно не более двух каскадов. Он дает усиление и повышает избирательность. Если усилитель ВЧ не содержит настроенных контуров (апериодический усилитель), он не улучшает избирательности приемника, а только повышает его усиление, т. е. увеличивает чувствительность.

После усиления ВЧ сигнал подводится к детектору. В приемнике прямого усиления применяют сеточный или анодный детектор, который,

кроме детектирования, дает усиление сигнала. Полученный после детектора НЧ сигнал усиливается в каскадах НЧ. На выходе усилителя НЧ включают громкоговоритель.

Если от приемника не требуется высокой чувствительности и избирательности, усилитель ВЧ может в нем отсутствовать. Если прием

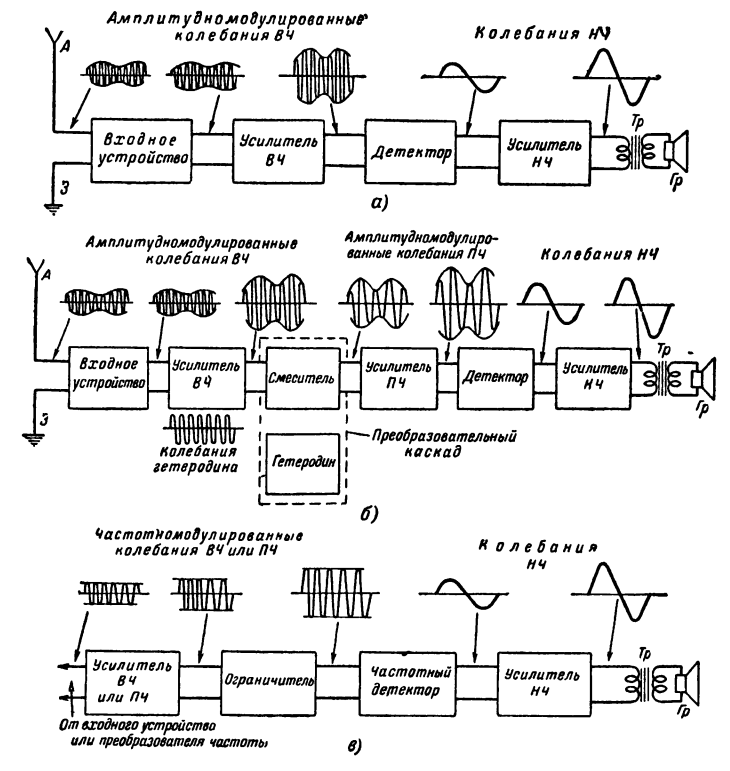


Рис. 3-4. Блок-схемы приемников на электронных лампах и транзисторах.
а — прямого усиления; *б* — супергетеродинного для приема АМ сигналов; *в* — часть блок-схемы приемника для приема ЧМ сигналов.

передач ведется на головные телефоны, то в приемнике могут отсутствовать каскады усиления НЧ.

Для повышения чувствительности и избирательности приемников прямого усиления в них используется положительная обратная связь. Приемники прямого усиления с положительной обратной связью называются р е г е н е р а т и в н ы м и. Недостатком последних является неустойчивая работа и сильные помехи соседним приемникам, которые может создавать приемник.

Число каскадов приемника прямого усиления иногда выражают в виде «формулы». Она состоит из буквы V («вэ» латинское) и двух чисел.

Буква V означает детекторный каскад; число, стоящее перед этой буквой, показывает, сколько в приемнике имеется каскадов усиления ВЧ, а число после буквы — сколько в приемнике каскадов усиления НЧ.

Пример 1. Приемник по схеме 1-V-1 содержит один каскад усиления ВЧ и один каскад усиления НЧ.

Пример 2. Приемник по схеме 0-V-2 не имеет усилителя ВЧ, а усиление НЧ осуществляется двумя каскадами.

Супергетеродинный приемник (рис. 3-4,*б*)

По сравнению с приемниками прямого усиления супергетеродинные приемники имеют более высокую чувствительность и избирательность.

Принцип супергетеродинного приема состоит в том, что принятый ВЧ сигнал преобразуется в сигнал так называемой промежуточной частоты (ПЧ). Она остается постоянной на всех диапазонах. Основное усиление принятого сигнала осуществляется в усилителе ПЧ. Поскольку настройка его постоянна, можно применить большее число каскадов усиления ПЧ и получить высокую чувствительность. Используя парные связанные колебательные контуры — так называемые полосовые фильтры, можно получить очень высокую избирательность.

ВЧ сигнал поступает из антенны через входное устройство на усилитель ВЧ. Последний часто называют преселектор. Входной контур и усилитель ВЧ обеспечивают в основном избирательность по зеркальному каналу и предварительное выделение сигнала радиостанции, передачу которой мы желаем принять, из числа сигналов, принятых антенной. Усилители ВЧ применяют лишь в супергетеродинных приемниках высшего и первого классов.

От усилителя ВЧ (а если он отсутствует, то от входного контура) сигнал подводится к преобразователю, состоящему из смесителя и гетеродина.

Гетеродин является маломощным генератором колебаний ВЧ. Они подаются на смеситель, где «смешиваются» с напряжением сигнала. В результате на выходе смесителя в контуре, настроенном на промежуточную частоту, получается сигнал ПЧ, модулированный так же, как и ВЧ сигнал. Частота гетеродина, как правило, выше частоты принимаемого сигнала на величину промежуточной частоты. В радиовещательных приемниках промежуточная частота равна 110 или 465 *кгц* для приема радиостанций в ДВ, СВ и КВ диапазонах и 8,4 *Мгц* для приема радиостанций в УКВ диапазоне. Изменение настройки входного контура и частоты гетеродина в супергетеродинном приемнике производится одновременно (общей ручкой управления).

Сигнал ПЧ на выходе смесителя получается в 3—10 раз больше, чем напряжение ВЧ сигнала на входе смесителя, т. е. смесительный каскад, кроме преобразования частоты, дает еще и усиление. После смесителя сигнал ПЧ подается на усилитель ПЧ, имеющий обычно один-два каскада.

При приеме сигналов станций, работающих с амплитудной модуляцией от усилителя ПЧ, колебания подаются на детектор. Детектор и усилитель НЧ выполняют те же функции, что и в приемнике прямого усиления.

Благодаря большому усилению в супергетеродинных приемниках используются различные устройства, улучшающие эксплуатационные качества приемников: автоматическая регулировка усиления (АРУ),

электронно-оптический индикатор настройки, а в приемниках высшего и первого классов, кроме того, блок бесшумной настройки приемника, автоматическая подстройка частоты гетеродина и т. д.

Недостатками супергетеродинных приемников являются: более высокие, чем в приемниках прямого усиления, собственные шумы, зеркальные (или симметричные) помехи, наличие свистов, возникающих в результате смешения в преобразователе гармоник сигнала с колебаниями гетеродина или сигнала с гармониками гетеродина. Налаживание и ремонт супергетеродинных приемников значительно сложнее, чем приемников прямого усиления.

Особенности приемников частотно-модулированных сигналов (ЧМ)

Для приема ЧМ сигналов на УКВ используют приемники, выполненные по схеме прямого усиления либо по схеме супергетеродина. Основное отличие таких приемников от приемников для приема АМ сигналов состоит в том, что в них применяется частотный детектор. Кроме того, перед детектором обычно включается каскад ограничителя сигнала (рис. 3-4, *в*), необходимый для устранения возможной амплитудной модуляции ЧМ сигнала и помехи, если ее амплитуда больше амплитуды сигнала. Назначение частотного детектора — преобразовывать частотно-модулированный сигнал в НЧ сигнал. Для получения неискаженного приема напряжение НЧ сигнала на выходе частотного детектора должно изменяться по тому же закону, что и частота ЧМ сигнала на входе детектора.

В приемниках прямого усиления сигнал на вход ограничителя подается от усилителя ВЧ, содержащего один-два каскада.

В супергетеродинном приемнике сигнал на вход ограничителя поступает с выхода усилителя ПЧ. Напряжение ВЧ сигнала на входе ограничителя должно быть в 3—5 раз больше, чем на входе детектора АМ приемника, поэтому усилитель ПЧ должен давать большее усиление, чем в АМ приемнике. Промежуточная частота в ЧМ супергетеродине 4—10 *Мгц*, а ширина полосы пропускания усилителя ПЧ 150—200 *кгц*. Поскольку усиление каскада ПЧ тем меньше, чем выше промежуточная частота и шире полоса пропускания, число каскадов усилителя ПЧ должно быть больше, чем в АМ приемнике (обычно составляет 2—3). Низкочастотный сигнал с выхода частотного детектора в приемниках обоих видов подается на вход усилителя НЧ, который выполняется по тем же схемам, что и в АМ приемнике. Отличие заключается лишь в том, что усилитель НЧ радиовещательного ЧМ приемника должен воспроизводить более широкую полосу частот — до 12—15 *кгц*.

3-4. СХЕМЫ ВХОДНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИЕМНИКОВ (рис. 3-5)

Входное устройство радиовещательного приемника состоит, как правило, из резонансного контура (иногда нескольких контуров), настраиваемого на частоту принимаемого сигнала, и элемента связи антенны с этим контуром. Благодаря резонансным свойствам контура напряжение сигнала на нем превышает э. д. с. сигнала, действующего в антенне.

Число, показывающее, во сколько раз напряжение сигнала на контуре больше э. д. с. сигнала в антенне, называется коэффициентом передачи входной цепи. Коэффициент передачи зависит от диапазона частот,

добротности входного контура, а также способа и величины связи антенны с резонансным контуром.

Емкостная связь (рис. 3-5, *а*). Антенна подключается к входному контуру через конденсатор $C_{св}$, называемый конденсатором связи. Коэффициент передачи входной цепи при этом тем выше, чем больше емкость $C_{св}$. В промышленных приемниках емкость этого конденсатора 10—30 *пф*. В самодельных приемниках невысокой чувствительности емкость $C_{св}$ должна быть 100—220 *пф*. Если приемник рассчитан на работу только с комнатной антенной, можно обойтись без конденсатора связи, присоединяя антенну непосредственно к резонансному контуру.

Недостатком емкостной связи является большая зависимость коэффициента передачи входной цепи от частоты; чем выше частота, на которую настроен входной контур, тем больше коэффициент передачи.

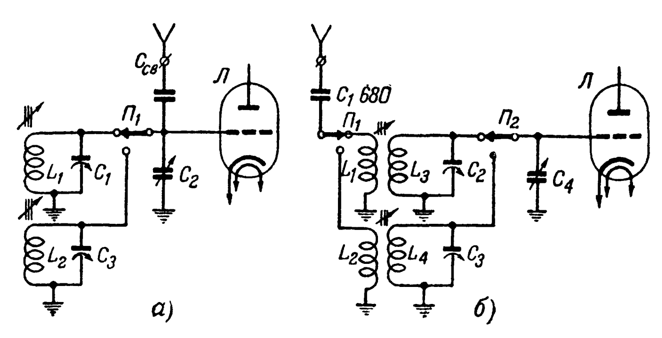


Рис. 3-5. Схемы входных устройств.
а — с емкостной связью с антенной, *б* — с индуктивной связью с антенной.

Индуктивная связь (рис. 3-5, *б*). Коэффициент передачи входной цепи при этой схеме меньше зависит от частоты, чем в схеме с емкостной связью. Кроме того, при приеме на комнатную антенну меньше сказываются индустриальные помехи. Катушка связи вместе с емкостью антенны образует контур, резонансная частота которого должна быть ниже резонансной частоты входного контура. Для этого антенные катушки L_1 и L_2 должны иметь в 2—3 раза больше витков, чем катушки входного контура L_3 и L_4 соответственно.

Типичные значения коэффициента передачи: на ДВ — 5—7, на СВ — 7—10 и на КВ — 2—4.

Конденсатор C_1 служит для защиты приемника от переменного тока, если произойдет случайно замыкание антенны с электросетью.

Схема с апериодическим входом. В некоторых простых приемниках вместо входного колебательного контура включается сопротивление 0,1—0,47 *Мом*. Антенна подключается к сопротивлению через конденсатор емкостью 100—470 *пф*. Коэффициент передачи такого входного устройства очень мал, поэтому оно используется лишь в приемниках, рассчитанных для приема местных (близко расположенных) вещательных радиостанций.

Входное устройство с магнитной антенной (рис. 3-6). Магнитная антенна представляет собой стержень (диаметр 6—8 *мм*, длина 100—

150 *мм*) из ферромагнитного материала (чаще всего феррита) с высокой магнитной проницаемостью (μ = 400—1 000). Катушка входного контура (рис. 3-6, *а*) наматывается непосредственно на этом стержне. Магнитная антенна широко используется в переносных устройствах.

Магнитная антенна обладает направленными свойствами (т. е. с одних направлений она принимает сигналы радиостанций лучше, чем с других), поэтому она выполняется так, чтобы ее можно было поворачивать. Малогабаритный приемник поворачивают вместе с антенной. Благодаря

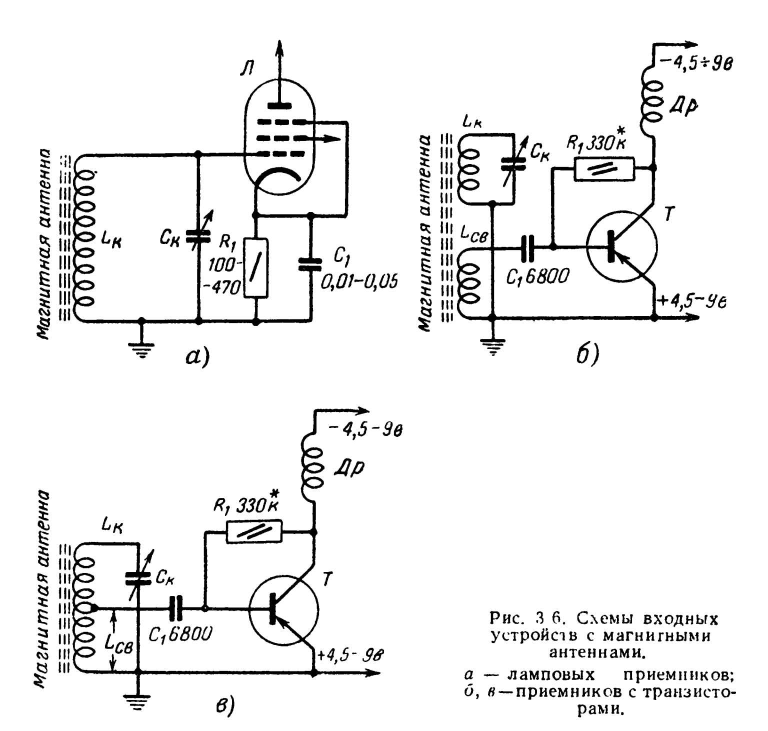


Рис. 3-6. Схемы входных устройств с магнитными антеннами.
а — ламповых приемников; *б*, *в* — приемников с транзисторами.

направленным свойствам, магнитная антенна позволяет ослабить помехи, если сигнал и помехи приходят с различных направлений.

В приемнике на транзисторах катушка связи $L_{св}$ (рис. 3-6, *б*) наматывается на бумажном кольце, которое может передвигаться по стержню магнитной антенны. Число витков этой катушки в 10—50 раз меньше числа витков контурной катушки $L_к$. Коэффициент передачи такой цепи зависит от добротности контура $L_к C_к$, числа витков катушки $L_{св}$ и положения ее на стержне по отношению к катушке $L_к$. Положение катушки $L_{св}$ на сердечнике и число витков ее подбираются опытным путем при налаживании приемника.

В схеме на рис. 3-6, *в* отвод делают от $^1/_{10}$—$^1/_{50}$ части витков контурной катушки $L_к$ (точное число витков находят при налаживании при-

емника). Такая схема труднее в налаживании, поэтому ее можно рекомендовать лишь для приемников, имеющих фиксированную настройку.

Для повышения коэффициента передачи входной цепи и улучшения избирательности контурную катушку магнитной антенны следует наматывать литцендратом или проводом типа ПЭЛШО 0,15—0,25. Число витков контурной катушки находится опытным путем. При использовании конденсатора переменной емкости с максимальной емкостью около 500 *пф* число витков катушки для диапазона СВ составляет 60—80, для

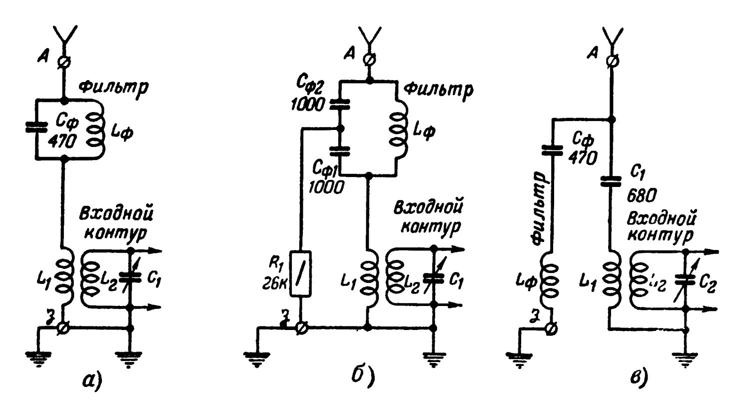


Рис. 3-7. Схемы входных устройств с заграждающими фильтрами.
а, б — с фильтрами в виде параллельных резонансных контуров; *в* — с фильтром в виде последовательного резонансного контура.

диапазона ДВ 200—300. Катушку связи можно намотать проводом диаметром 0,1—0,2 *мм* в любой изоляции. Добротность входного контура при использовании магнитной антенны в транзисторных приемниках должна быть особенно высокой, так как даже при контуре с добротностью 150—200 коэффициент передачи входной цепи получается не более 0,01—0,05.

Фильтры для подавления помех. Во входных цепях супергетеродинных приемников применяют фильтры, ослабляющие помехи, частоты которых равны или близки к промежуточной частоте приемника. Фильтр представляет собой резонансный контур, настроенный на промежуточную частоту (рис. 3-7). Он ослабляет помехи по промежуточной частоте в 10—100 раз.

Иногда избирательность приемника оказывается недостаточной, и для ослабления мешающего действия местной мощной станции на входе приемника включают фильтр, настроенный на частоту этой станции. Фильтр может быть выполнен по тем же схемам.

3-5. СХЕМЫ КАСКАДОВ УСИЛЕНИЯ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Каскады усиления ВЧ выполняются на электронных лампах или транзисторах с резонансными контурами и без них. Последние называют апериодическими усилителями.

Резонансные каскады усиления увеличивают чувствительность и избирательность приемника, а апериодические — только чувствительность.

В некоторых приемниках прямого усиления лампа или транзистор одного из каскадов усиления ВЧ одновременно осуществляет предварительное усиление НЧ (см. § 3-11). Такие каскады называются рефлексными.

Апериодические усилители (рис. 3-8)

Каскады с пентодами. Апериодический каскад дает тем большее усиление, чем больше крутизна характеристики примененной в нем лампы и сопротивление анодной нагрузки. Поэтому в таком усилителе используют пентоды с высокой крутизной, например 6Ж5П, 6К4П, 6Ж4. С ними

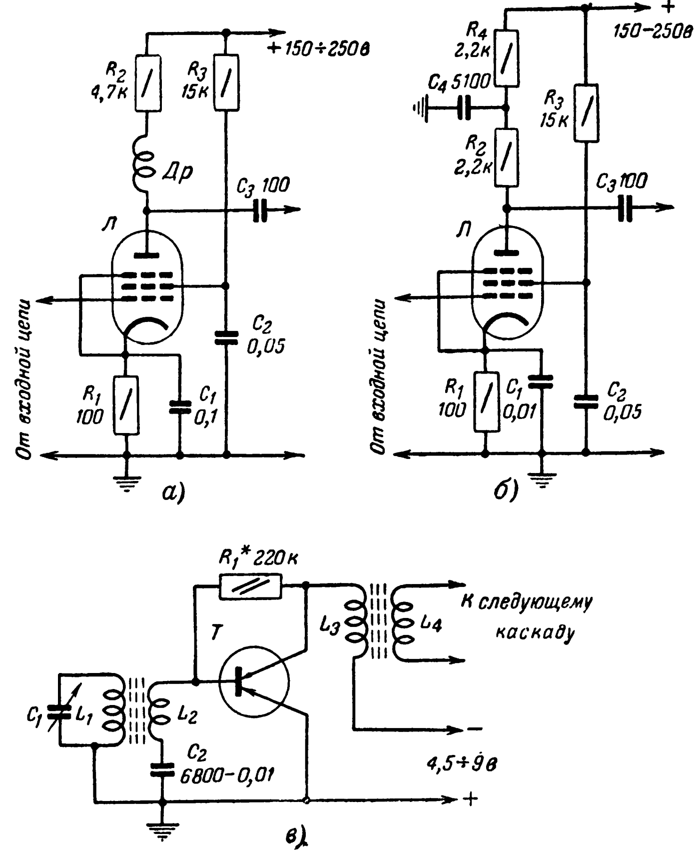


Рис. 3-8 Схемы апериодических каскадов усиления ВЧ.
а, б — на пентодах; *в* — на транзисторе.

апериодический каскад дает усиление по напряжению 15—25 на ДВ и СВ и 5—8 на КВ. Каскад по схеме рис. 3-8, *а* дает более равномерное усиление по диапазону, чем каскад по схеме рис. 3-8, *б*.

Дроссель $Др_1$ содержит 25 витков провода ПЭЛ 0,15; намотка однослойная на каркасе диаметром 12 и высотой 25 *мм*.

Усилители по схемам рис. 3-8 могут быть применены во вновь изготавливаемых приемниках, а также подключены к любому готовому приемнику, не имеющему усилителя ВЧ. В последнем случае выход усилителя соединяют с гнездом «Антенна» приемника, а питание усилителя осуществляют от выпрямителя приемника. Токи, потребляемые апериодическим усилителем, невелики, поэтому подключение его не нарушает режимов работы ламп приемника.

Токи в цепях каскадов по схемам рис. 3-8, *а* и *б* имеют следующие значения:

Тип лампы	6Ж5П	6К4П	6Ж1П
Анодный ток, *ма*	6—8	6—8	8—10
Ток экранирующей сетки, *ма*	2—4	2—4	3—5
Напряжение на экранирующей сетке, *в*	150	150	150

Каскады с транзисторами. Коэффициент усиления по напряжению апериодического ВЧ каскада на транзисторе (рис. 3-8, *в*) равен 5—8.

При работе только в диапазоне ДВ можно использовать транзисторы П6Г, П15, а для работы в диапазонах СВ и ДВ — транзисторы П6Г, П15, П401, П402, П403.

Катушки L_3 и L_4 выполняются на кольце с наружным диаметром 9 *мм* из феррита марки Ф-600. Катушка L_3 имеет 300 витков, а катушка L_4 — 60 витков провода ПЭЛ 0,08.

Ток коллектора такого каскада на транзисторе П15, П6Г или П401—П403 — 0,5—2,0 *ма*.

Резонансные усилители (рис. 3-9)

В схеме на рис. 3-9, *а* контур состоит из катушки индуктивности L_1 и конденсатора C_3. Конденсатор C_4 служит для предохранения цепи высокого напряжения от короткого замыкания при случайном соединении между ротором и статором конденсатора C_3.

Усилитель по схеме рис. 3-9, *б* дает меньшее усиление, однако он более прост в изготовлении и налаживании, менее склонен к самовозбуждению.

Коэффициент усиления резонансного усилителя тем выше, чем выше крутизна характеристики лампы и чем больше добротность контура в ее анодной цепи.

Для работы в КВ диапазоне трудно изготовить контур с высокой добротностью, поэтому на этих волнах резонансный усилитель дает меньшее усиление, чем на ДВ и СВ.

В каскадах усиления ВЧ супергетеродинных приемников применяют высокочастотные пентоды 6К1П, 6К4П, 6К3, 1К2П с переменной крутизной характеристики, а в каскадах приемников прямого усиления используют также лампы 6Ж1П, 6Ж3П, 6Ж4П, 6Ж5П, 6Ж8.

При указанных на схемах рис. 3-9 напряжениях питания сопротивления и токи в цепях каскадов имеют следующие значения:

Тип лампы	6К1П	6К4П	6Ж3П
Сопротивление R_1, *ом*	300	68	68
Сопротивление R_2, *ком*	75	51	51
Анодный ток, *ма*	6	10	10
Ток экранирующей сетки, *ма*	2	3	3
Напряжение на экранирующей сетке, *в*	100	100	100

В любительских и промышленных приемниках резонансные усилители ВЧ на транзисторах не применяют.

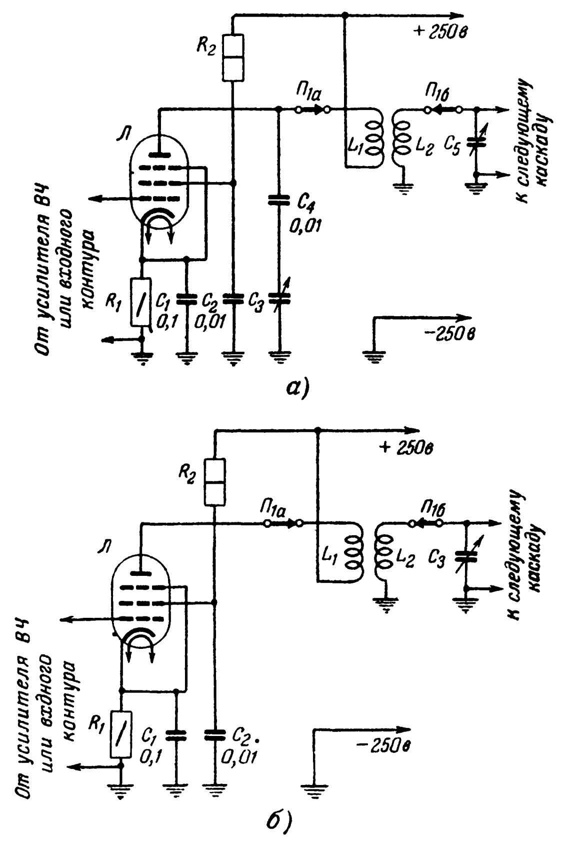


Рис. 3-9. Схемы резонансных каскадов усиления ВЧ.
а — с резонансным контуром в анодной цепи; *б* — с катушкой связи в анодной цепи.

3-6. СХЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

Схемы на одной лампе или транзисторе (рис. 3-10)

Преобразователь частоты супергетеродинного приемника состоит из гетеродина и смесителя. Настройку их контуров обычно осуществляют с помощью блока конденсаторов переменной емкости. Гетеродин должен генерировать колебания с частотой, равной частоте сигнала плюс промежуточная частота, т. е. более высокой, чем частота сигнала. Например, при промежуточной частоте 465 *кгц* и частоте принимаемого сигнала 1 000 *кгц* контур гетеродина должен быть настроен на 1 465 *кгц*. Для этого число витков катушки контура гетеродина должно быть меньше, чем во входном контуре, а последовательно с конденсатором настройки или катушкой индуктивности контура гетеродина включается конденсатор постоянной емкости, называемый сопрягающим. Емкость последнего выбирают такой, чтобы в пределах всего диапазона разность частот контуров была равна промежуточной частоте. Такая регулировка называется сопряжением контуров.

В современных сетевых приемниках функции гетеродина и смесителя чаще всего выполняет лампа 6И1П, а в батарейных — лампа 1А2П. В приемниках более ранних выпусков применялись лампы 6А8, 6А7, 6А10С и СБ-242. Преобразователи частоты на лампах 6И1П и 1А2П дают большее усиление, а собственные шумы таких преобразователей меньше.

В схеме на рис. 3-10, *а* гетеродин выполнен на триодной части лампы 6И1П по схеме с индуктивной обратной связью. В смесителе работает гептодная часть лампы, напряжение гетеродина подается с сетки триода на третью сетку гептода.

При использовании в преобразователе частоты лампы 6А7 или 1А2П гетеродин выполняется, как правило, по схеме с автотрансформаторной обратной связью (рис. 3-10, *б*). При лампе 1А2П один конец ее нити соединяется с отводом катушки $L_к$, а другой конец через дроссель (100 витков ПЭЛ 0,23) — с положительным полюсом батареи накала.

Транзитронный преобразователь на лампе 6А7 (рис. 3-10, *в*) хорошо работает в диапазонах ДВ и СВ. Транзитронная схема обеспечивает высокое постоянство частоты и упрощает конструкцию катушек и переключателя диапазонов. Приводим режимы работы ламп в схемах рис. 3-10.

Тип лампы	6И1П	6А7	6А2П
Напряжение на экранирующей сетке, *в*	100	100	100
Ток анода, *ма*	7	3,5	3
Ток экранирующей сетки, *ма*	3,5	8,5	7

Преобразование частоты в транзисторном приемнике можно осуществить на одном транзисторе (рис. 3-10, *г*). Такой преобразователь может быть рекомендован лишь для приемника с фиксированными настройками на диапазонах ДВ и СВ, поскольку налаживать его довольно трудно. В преобразователе можно использовать транзисторы П15, П401, П402.

Преобразователи частоты на двух лампах

Большее усиление и лучшая стабильность получаются при применении преобразователя, в котором роль смесителя и гетеродина выполняют различные лампы.

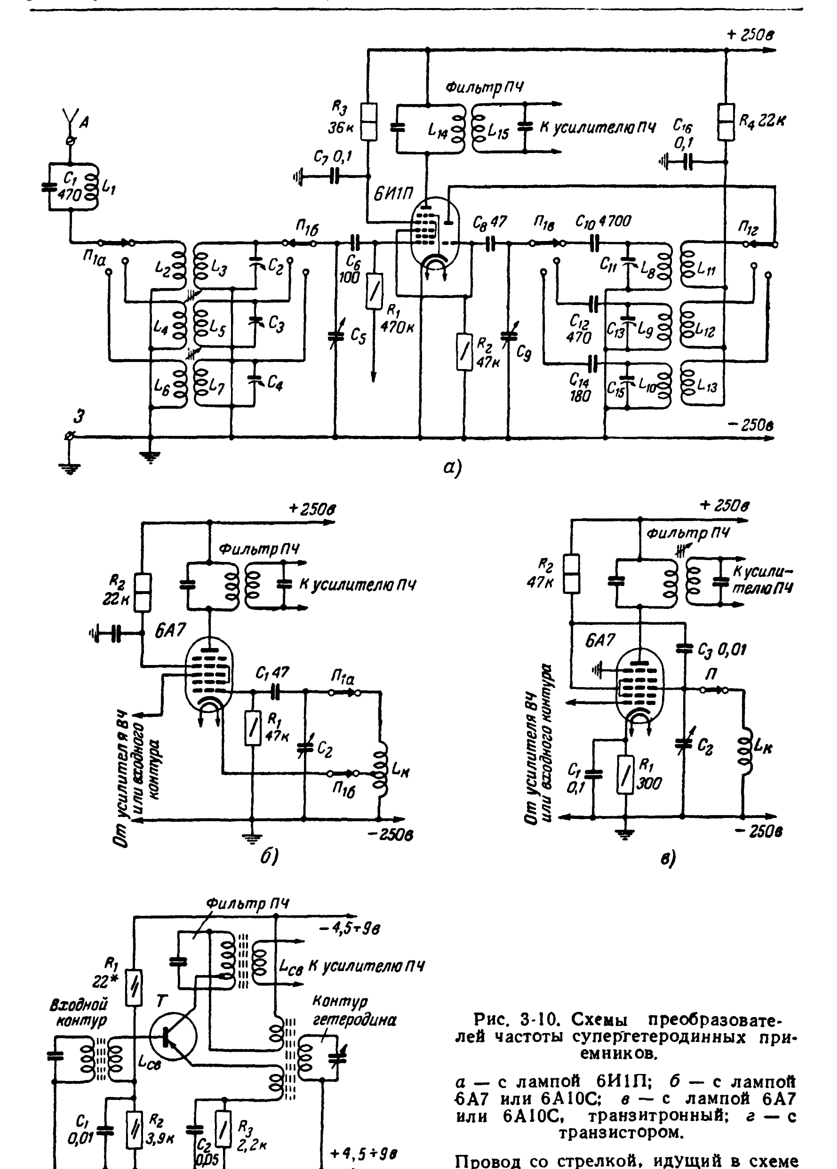


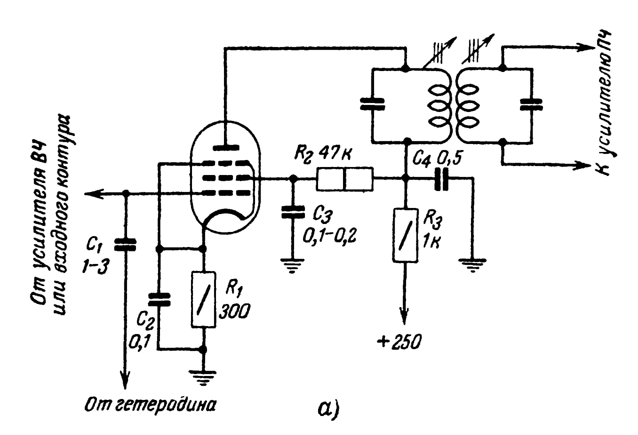
Рис. 3-10. Схемы преобразователей частоты супергетеродинных приемников.

а — с лампой 6И1П; *б* — с лампой 6А7 или 6А10С; *в* — с лампой 6А7 или 6А10С, транзитронный; *г* — с транзистором.

Провод со стрелкой, идущий в схеме рис. *а* от сопротивления R_1, соединяется со схемой АРУ.

Смесители. Смеситель при этом выполняют на пентоде с большой крутизной характеристики 6Ж4, 6Ж5П или на гептоде 6А7, 1А2П.

Усиление преобразователя, в смесителе которого применен пентод 6Ж5П (рис. 3-11, *а*), в 3—5 раз больше, чем однолампового. Напряжение гетеродина подается на управляющую сетку пентода через конденсатор C_1 = 1—3 *пф*, представляющий собой два скрученных вместе



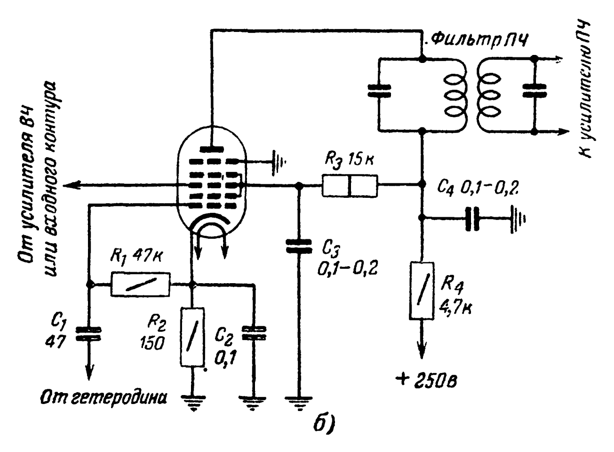


Рис. 3-11. Схемы смесителей.
а — на пентоде 6Ж5П; *б* — на гептоде 6А7 или 6А10С.

изолированных проводника длиной 10—30 *мм*; длина их подбирается опытным путем при налаживании приемника. Смеситель на электронной лампе 6Ж5П хорошо работает на всех радиовещательных диапазонах, обеспечивая усиление в 50—70 раз. В случае применения в схеме

рис. 3-11, *б* батарейной лампы 1А2П следует исключить сопротивление R_2 и конденсатор C_2, а катод лампы соединить с шасси. Преобразователь на лампе 1А2П обеспечивает усиление по напряжению в 2—5 раз.

Гетеродины. Основные требования, предъявляемые к гетеродину, — стабильность частоты генерируемых колебаний и неизменность их амплитуды по диапазону.

Кроме рассмотренных выше в преобразователях частоты схем гетеродинов с индуктивной и автотрансформаторной связью, широко используются схемы гетеродинов на двойном триоде и транзитронные гетеродины.

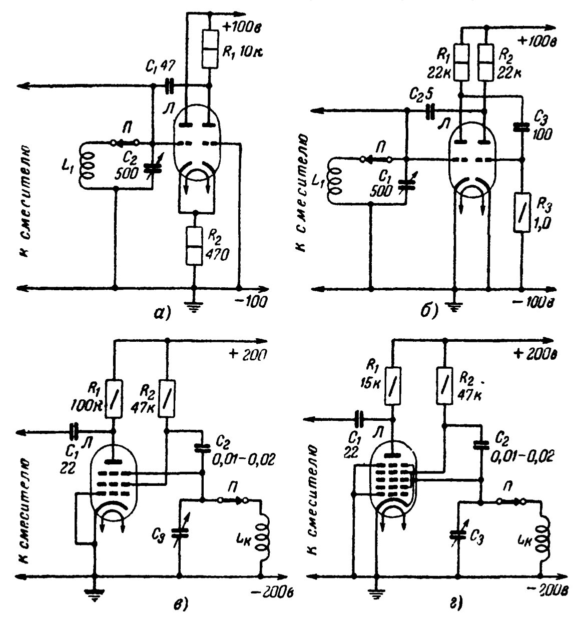


Рис. 3-12. Схемы гетеродинов.
а, б — на двойном триоде; *в* — на пентоде 6К4П или 6К7 (транзитронный); *г* — на гептоде 6А2П (транзитронный).

Гетеродин на двойном триоде 6Н1П, 6Н3П или 6Н8С (рис. 3-12, *а* и *б*) обладает высоким постоянством частоты и устойчиво работает на всех диапазонах. Применение таких гетеродинов позволяет упростить конструкцию катушек и переключателя диапазонов, как не требующих переключения цепей обратной связи.

Гетеродины по схемам рис. 3-12, *а* и *б* работают в следующих режимах:

Тип лампы	6Н1П	6Н3П	6Н8С
Ток каскада, *ма*	3—5	5—7	3—5

Гетеродины по транзитронной схеме (рис. 3-12, *в* и *г*) работают в следующих режимах:

Тип лампы	6К4П	6К7	6А2П	6А7
Ток каскада, *ма*	3—5	3—5	5—8	5—8

При срыве колебаний гетеродина его анодный ток возрастает.

Для получения стабильной работы анодное напряжение гетеродина на указанных лампах выбирается в пределах 100—200 *в*.

Для получения высокого постоянства частоты в контурах гетеродина следует использовать катушки с высокой добротностью, а гетеродин с относящимися к нему деталями — размещать подальше от силового трансформатора и других нагревающихся деталей приемника. Для лампы гетеродина желательно применять керамическую панельку.

Преобразователи на двух транзисторах

Преобразователи частоты на двух транзисторах просты в налаживании, работают устойчиво и поэтому часто используются в любительских приемниках.

В схемах на рис. 3-13 гетеродины выполнены с индуктивной обратной связью. Напряжение гетеродина на транзисторе T_2 в обоих случаях по-

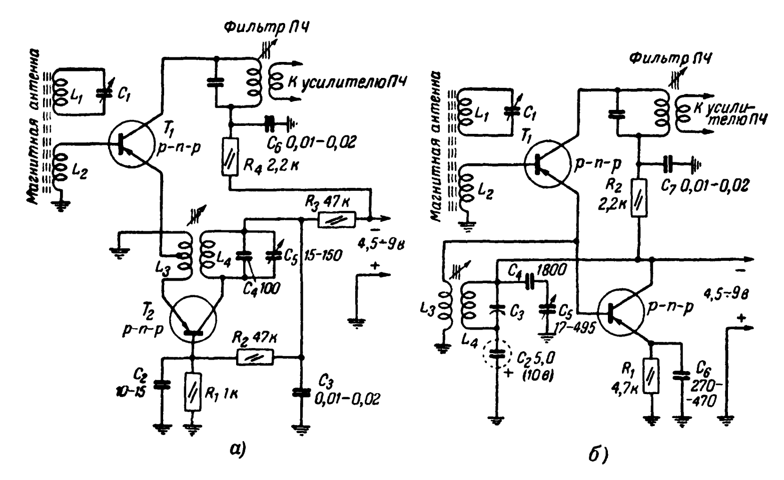


Рис. 3-13. Схемы преобразователей частоты на двух транзисторах.
а — автотрансформаторная связь гетеродина с преобразователем; *б* — трансформаторная связь гетеродина с преобразователем.

дается в цепь эмиттера транзистора T_1 смесителя. Величина необходимого напряжения гетеродина для получения наибольшего усиления преобразователя устанавливается изменением величины сопротивления R_1, а в схеме на рис. 3-13, *а* — также подбором места подключения эмиттера транзистора T_1 к катушке L_3.

Усиление по напряжению преобразователя частоты на двух транзисторах равно 10—50. Тип транзистора определяется диапазоном частот и промежуточной частотой приемника. Так, в диапазоне ДВ при промежуточной частоте 110 *кгц* высшая частота гетеродина 520 *кгц*, а при промежуточной частоте 465 *кгц* — 885 *кгц*. Если приемник имеет только этот диапазон, то в гетеродине и смесителе можно применить транзисторы П1Ж, П6Б, П6В, П6Г, П6Д, П14 или П15.

Если же приемник имеет и средневолновый диапазон, то при промежуточной частоте 110 *кгц* высшая частота гетеродина равна 1 710 *кгц* и при промежуточной частоте 465 *кгц* — 2 065 *кгц*. В этом случае гетеродин и смеситель могут быть выполнены на транзисторах П6Г, П6Д, П15, П401—П403.

Приводим величины токов коллекторов транзисторов в схемах рис. 3-13 при указанных на этих схемах питающих напряжениях:

Тип транзистора	П6Г—П6Д; П14—П15	П401—П403
Ток коллектора гетеродина, *ма*	1—2	1,5—3
Ток коллектора смесителя, *ма*	0,2—0,5	0,2—0,5

3-7. СХЕМЫ КАСКАДОВ УСИЛЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

От усилителя ПЧ супергетеродинного приемника существенно зависят его чувствительность, избирательность и полоса пропускания, а следовательно, и качество воспроизведения принимаемых передач.

В простых дешевых ламповых приемниках обычно применяют один каскад усиления ПЧ, а в более сложных — двухкаскадные, а иногда и трехкаскадные усилители ПЧ. Транзисторные приемники обычно имеют не менее двух каскадов усиления ПЧ.

Иногда лампу или транзистор, работающий в одном из каскадов усиления ПЧ (когда усилитель ПЧ многокаскадный — это лампа или транзистор последнего его каскада), используют одновременно для предварительного усиления НЧ (см. § 3-11). Такой каскад называется рефлексным.

Каскад на пентоде с одиночным резонансным контуром. Простейший каскад усиления ПЧ содержит один контур L_2C_4 (рис. 3-14, *а*), настроенный на промежуточную частоту. Недостаток такого каскада — относительно низкая избирательность, однако по сравнению с каскадами по другим схемам на тех же лампах он обладает наибольшим коэффициентом усиления.

Каскад с полосовым фильтром. Чаще применяют «полосовые» усилители промежуточной частоты (рис. 3-14, *б*). Полосовой усилитель обеспечивает высокую избирательность и малые частотные искажения. В нем применяется полосовой фильтр, состоящий из двух связанных контуров, настроенных на промежуточную частоту.

Применяемые лампы. В усилителях ПЧ используют пентоды 1К2П, 6К1П, 6К2П, 6К3 или пентодную часть лампы 6И1П. Усиление каскада тем больше, чем больше крутизна характеристики лампы, добротность контуров фильтра ПЧ и связь между контурами фильтра. При использовании заводских фильтров и упомянутых сетевых ламп усиление на каскад получается равным 50—100, а при использовании батарейных ламп — 5—50. В усилителе ПЧ с самодельными контурами усиление обычно на 10—20% меньше.

Каскады усиления ПЧ по схемам рис. 3-14, *а* и *б* работают в следующих режимах:

Тип лампы	1К2П	6К1П	6К4П	6К3	6И1П
Сопротивление R_2, *ком*	30	75	36	30	39
Анодный ток, *ма*	2,5	6	10	12	6
Ток экранирующей сетки, *ма*	0,5	2	4	4	4
Напряжение на экранирующей сетке, *в*	45	100	100	100	100

Режимы ламп указаны при напряжении на управляющей сетке — 1 *в*. Для лампы 1К2П напряжение питания 60 *в*.

Усилители промежуточной частоты на транзисторах. Каскады на транзисторах могут быть выполнены как с одиночными контурами, так и с полосовыми фильтрами. В радиолюбительских транзисторных приемниках используются преимущественно усилители с одиночными контурами. Промежуточная частота в таких приемниках выбирается, как пра-

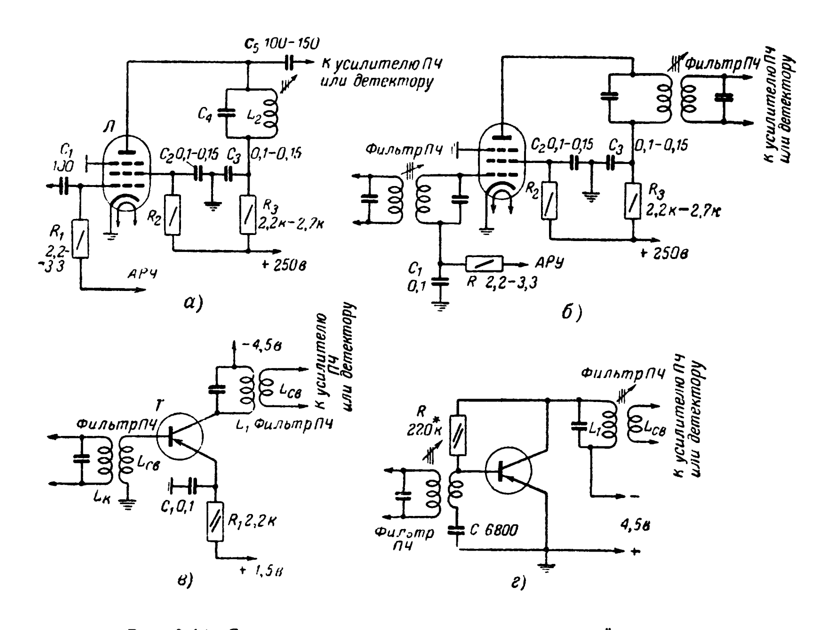


Рис. 3-14. Схемы каскадов усиления промежуточной частоты.
а — на пентоде с одиночным резонансным контуром; *б* — на пентоде с полосовым фильтром, *в* — на транзисторе с двумя источниками питания; *г* — на транзисторе с одним источником питания.

вило, 110 *кгц*, что позволяет получить с транзистором П6Г, П14 или П15 усиление на каскад около 20—40. При промежуточной частоте 465 *кгц* усиление получится существенно меньше.

В каскадах по схемам рис. 3-14, *в* и *г* катушки L_1 и $L_{св}$ выполнены на карбонильных сердечниках СБ-1а. Катушки L_1 имеют по 170 витков провода ПЭЛ 0,1, а катушки $L_{св}$ по 25—50 витков такого же провода; число витков последних подбирается опытным путем при налаживании усилителя ПЧ. Емкость конденсатора контура фильтра ПЧ—470 *пф*.

Ток коллектора каскада усиления ПЧ с транзистором одного из указанных типов составляет 0,2—0,5 *ма*.

Лучшие результаты дает применение транзисторов П401-П403; при этом можно получить усиление на каскад, равное 20—50. Ток коллектора при этом равен 0,5—2 *ма*.

3-8. СХЕМЫ ДЕТЕКТОРОВ

В приемниках прямого усиления детектор подключается к входному контуру либо после усилителя ВЧ; в супергетеродине он включается на выход усилителя промежуточной частоты. НЧ сигнал с детектора подается на вход усилителя НЧ.

Диодный детектор

Диодные детекторы наиболее распространены в многоламповых приемниках и в приемниках на транзисторах. Нелинейные искажения сигнала НЧ на выходе диодного детектора незначительны. Недостатком диодного детектора является то, что он шунтирует контур, к которому подключается, вследствие чего несколько уменьшается чувствительность и ухудшается избирательность приемника.

В схеме последовательного детектора (рис. 3-15, *а*) сопротивление нагрузки R_1 включено последовательно с диодом, а в схеме параллельного детектора сопротивление нагрузки и диод включены параллельно (рис. 3-15, *б*). Обе схемы детекторов примерно равноценны, однако последовательный детектор несколько меньше шунтирует колебательный контур, к которому он подключен. Достоинство параллельного детектора — возможность заземления катода диода.

В диодных детекторах используются двойные диоды 6Х2П, 6Х6С (рис. 3-15, *а* и *б*) и диоды комбинированных ламп 6Г2, 6Г3П, 6Б8С (рис. 3-15, *д*) либо полупроводниковые точечные диоды ДГ-Ц4, ДГ-Ц7, Д2А, Д2Е (рис. 3-15, *в*, *г*, *е* и *ж*).

Схема рис. 3-15, *е* применяется в том случае, когда выход детектора соединяется непосредственно с цепью базы транзистора первого каскада усилителя НЧ. В этом случае нагрузкой детектора является входное сопротивление усилителя НЧ.

В схеме на рис. 3-15, *в* левый диод лампы 6Г2 (или 6Г7, 6Б8С) выполняет роль диодного детектора, правый диод используется в схеме АРУ.

Напряжение НЧ с нагрузки детектора—сопротивления R_1 через конденсатор C_2 и регулятор громкости R_2 подается на сетку триодной (пентодной) части лампы, которая работает в каскаде предварительного усиления НЧ.

Сеточный детектор (рис. 3-16, *а* и *в*)

Сеточный детектор, кроме детектирования, обеспечивает усиление сигнала. Благодаря этому он широко используется в ламповых приемниках прямого усиления, а иногда в малоламповых супергетеродинах. Недостатком сеточного детектора являются значительные нелинейные искажения; они тем более, чем больший сигнал подводится к детектору. В схемах сеточных детекторов часто используется положительная обратная связь, позволяющая увеличить чувствительность приемника в 15—20 раз без применения дополнительных ламп.

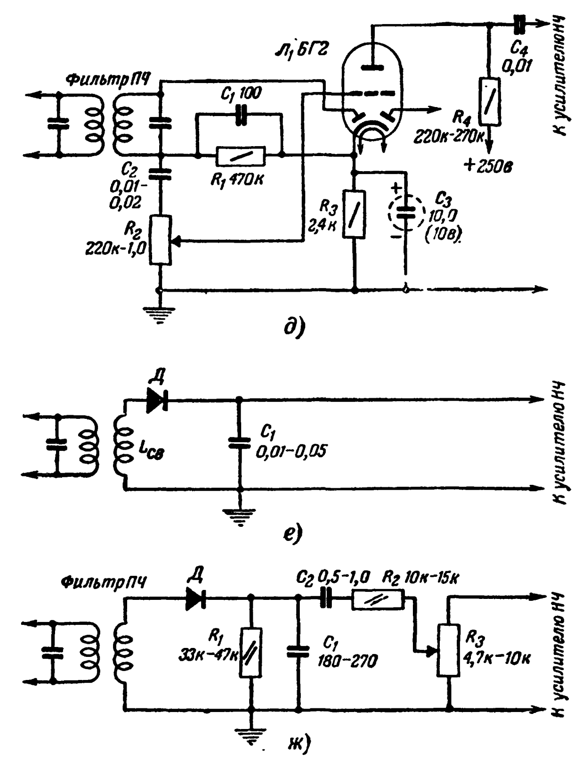


Рис. 3-15. Схемы диодных детекторов.

а — на электровакуумном диоде, последовательная; *б* — то же параллельная; *в* — на точечном полупроводниковом диоде, для лампового радиоприемника, последовательная; *г* — то же параллельная; *д* — с использованием диодной части двойного диод-триода; *е* — на точечном полупроводниковом диоде, для транзисторного приемника, последовательная; *ж* — то же с регулятором громкости.

Регулирование обратной связи в схемах осуществляется с помощью переменных сопротивлений R_2 (рис. 3-16, *а—в*).

Число витков катушки обратной связи L_0 должно быть в 5—6 раз меньше числа витков контурной катушки $L_к$. Если обе катушки намотаны в одном направлении, для нормальной работы обратной связи необходимо включить концы катушек, как показано на рис. 3-16, *а—в*.

В схемах сеточных детекторов можно использовать любые триоды, а также пентоды 6К1П, 6К4П, 6К7, 6Ж8. В последнем случае сопротивление анодной нагрузки лампы следует увеличить до 150—270 *ком*, а в цепь экранирующей сетки включить сопротивление 470 *ком* — 1 *Мом* и конденсатор емкостью 0,01—0,1 *мкф*.

Анодный детектор (рис. 3-16, *г*)

Анодный детектор применяется в ламповых приемниках прямого усиления. Его достоинство — высокое входное сопротивление, а недостаток — малая чувствительность. При больших сигналах анодный детектор вносит заметные на слух нелинейные искажения. В анодном детекторе рекомендуется применять пентоды 6Ж3П и 6Ж8.

Катодный детектор (рис. 3-16, *д* и *е*)

Основным достоинством катодного детектора является то, что он практически не шунтирует контур, к которому подключен, и поэтому не ухудшает избирательность приемника. Кроме того, катодный детектор почти не вносит нелинейных искажений, даже при больших сигналах. Недостаток катодного детектора — малая чувствительность. В катодном детекторе используются триоды или пентоды, экранирующие сетки которых должны быть соединены с анодами.

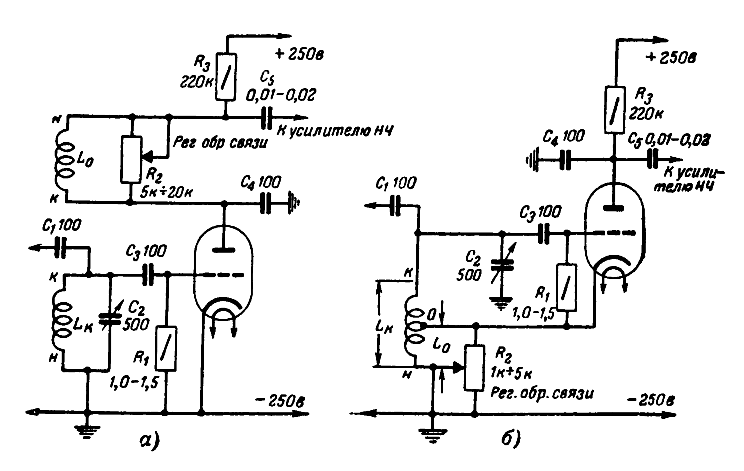


Рис. 3-16. Схемы детекторов на электронных лампах с управляющими сетками. *а, б* — сеточные с положительной обратной связью.

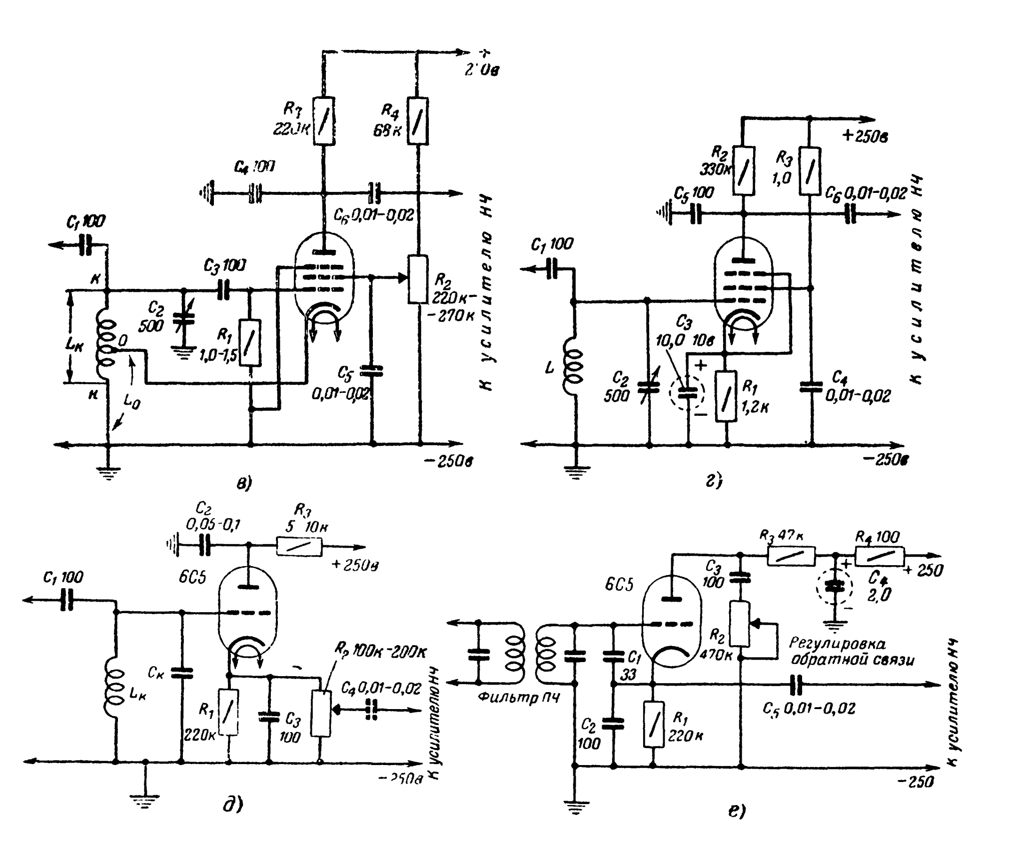


Рис. 3-16. Схемы детекторов на электронных лампах с управляющими сетками (продолжение).

в — сеточный с положительной обратной связью; *г* — анодный, *д* — катодный, *е* — катодный с положительной обратной связью.

Детекторы на транзисторах (рис. 3-17)

Схема детектора на транзисторе (рис. 3-17, *а*) аналогична сеточному детектору. В ней можно использовать транзистор П14, П15, П6Г, П1Е, П1И.

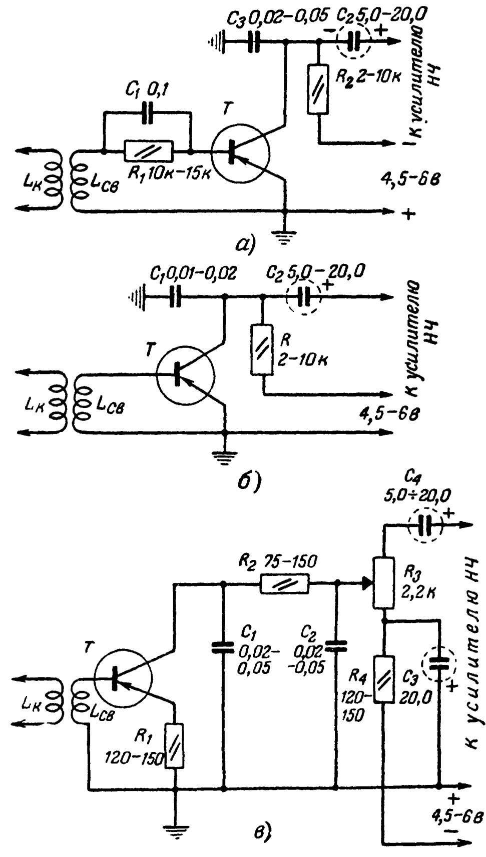
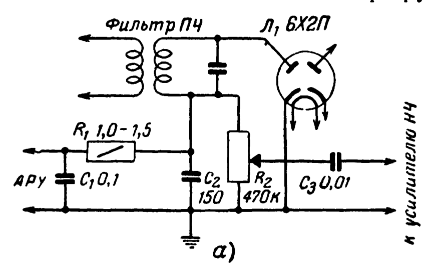


Рис. 3-17. Схемы детекторов на транзисторах.
а — аналогичная сеточному детектору; *б* — аналогичная анодному детектору; *в* — то же с регулятором громкости.

В транзисторных приемниках схемы, аналогичные анодным детекторам, используются значительно чаще, чем схемы, аналогичные сеточным детекторам. Такие схемы (рис. 3-17, *б* и *в*) иногда называются коллекторными детекторами. Число витков катушки $L_{св}$ должно быть в 5—10 раз меньше числа витков контурной катушки $L_к$. В схемах можно использовать транзисторы П1Е, П1И, П6Г, П14, П15.

3-9. АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГУЛИРОВКА УСИЛЕНИЯ (рис. 3-18)

Напряжения, поступающие на вход приемника при приеме различных радиостанций, значительно отличаются друг от друга, а в КВ диапазоне наблюдаются хаотические изменения величины принимаемого сигнала—замирания (см. § 2-6). Поэтому если не принять мер, громкость приема на КВ диапазоне будет сильно изменяться. При сильных сигналах возникают большие нелинейные искажения из-за перегрузки приемника.



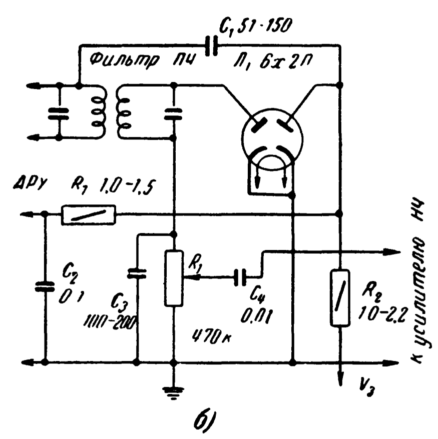


Рис. 3-18. Схемы автоматической регулировки усиления. *а* — простая; *б* — один из вариантов АРУ с задержкой.

Для устранения этих явлений в супергетеродинных приемниках осуществляют автоматическую регулировку усиления (АРУ). Действие ее основано на применении в высокочастотных каскадах приемника ламп с переменной крутизной характеристики (см. § 10-5). На управляющие сетки этих ламп подается отрицательное напряжение смещения (управляющее напряжение), величина которого тем больше, чем больше уровень сигнала на входе приемника. Увеличение управляющего напряжения вызывает уменьшение крутизны характеристики ламп и снижает коэффициент усиления ВЧ каскадов. При этом уровень сигнала на вы-

ходе приемника остается примерно постоянным. Системы АРУ бывают простые и с задержкой. В первом случае АРУ действует всегда, даже при малых входных сигналах любой величины. Во втором случае система АРУ начинает уменьшать усиление приемника лишь после того, как входной сигнал достигнет определенной заранее выбранной величины. Достоинством АРУ с задержкой является более высокая чувствительность приемника к слабым сигналам.

Простейшая схема АРУ (рис. 3-18, *а*). Для приведения в действие системы АРУ используется отрицательное напряжение, образующееся на сопротивлении R_2 нагрузки детектора приемника. Управляющее напряжение подается на сетки ламп через состоящий из конденсатора C_1 и сопротивления R_1 фильтр, задерживающий переменную составляющую напряжения НЧ, которая имеется на нагрузке детектора.

Схема АРУ с задержкой. В схеме АРУ с задержкой (рис. 3-18, *б*) для детектирования используется левый диод лампы, а управляющее напряжение получают от отдельного детектора — детектора АРУ, выполненного на правом диоде лампы $Л_1$. На его анод через сопротивление R_2 подано постоянное отрицательное напряжение $U_з$ — напряжение задержки. В качестве этого напряжения используется падение напряжения на сопротивлении, включенном между отрнцательным полюсом выпрямителя и шасси приемника. Управляющее напряжение на выходе детектора АРУ образуется лишь тогда, когда амплитуда высокочастотного напряжения, подаваемого на анод детектора АРУ, превышает напряжение задержки.

В схемах АРУ можно применить и полупроводниковые точечные диоды.

3-10. ИНДИКАТОР НАСТРОЙКИ (рис. 3-19)

Для облегчения настройки приемников в них применяют электронно-оптические индикаторы — особой конструкции электронные лампы 6Е5С или 6Е1П, называемые иногда «магическим глазом». На сетку индикатора через цепь R_1C_1 подается выпрямленное напряжение с детектора. При неточной настройке на принимаемую станцию это напряжение, а следовательно, и отрицательное напряжение на сетке невелики (или равны нулю) и теневой сектор на экране индикатора имеет максимальный угол раствора. При точной настройке напряжение максимально и теневой сектор на экране индикатора превращается в тонкую линию.

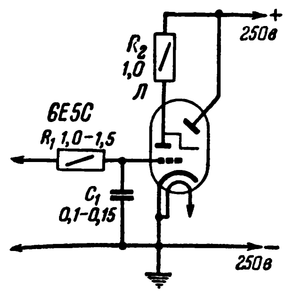


Рис. 3-19. Схема включения электронно-оптического индикатора настройки приемника.

3-11. СХЕМЫ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Составные части усилителя низкой частоты

В усилителе НЧ различают две основные части: предварительный усилитель и оконечный каскад. Последний называют также выходным каскадом или усилителем мощности.

Оконечный каскад. Назначение оконечного каскада радиовещательного приемника — отдавать громкоговорителю (громкоговорителям) мощность переменного тока НЧ, достаточную для его звучания (см. § 3-2).

В оконечном каскаде радиовещательного приемника работают один-два мощных лучевых тетрода, пентода или транзистора. Громкоговоритель (громкоговорители) включен на выход этого каскада.

Чтобы оконечный каскад отдавал необходимую мощность, на него должен поступать низкочастотный сигнал с соответствующей амплитудой. Последняя должна быть обычно значительно больше амплитуды низкочастотного сигнала, получаемого от детектора радиоприемника или звукоснимателя. Исключение составляют простые радиолюбительские приемники, в которых детектирование осуществляется с помощью пентода или триода, а также телевизионные премники: их оконечные каскады отдают относительно небольшую выходную мощность, а детекторы этих приемников дают амплитуду сигнала НЧ, достаточную для работы оконечных каскадов (при условии, что в усилителе НЧ не применяется отрицательная обратная связь — см. ниже в этом параграфе).

Предварительный усилитель НЧ служит для усиления низкочастотного сигнала малой амплитуды, получаемого от детектора или граммофонного звукоснимателя, до величины, требуемой оконечным каскадом. В простых ламповых радиоприемниках супергетеродинного типа с диодными детекторами достаточное усиление обычно достигается применением в предварительном усилителе двух каскадов с использованием в них двойного триода либо одного каскада на пентоде. В предварительных усилителях НЧ ламповых радиовещательных приемников первого и высшего классов, где требуется большее усиление, применяют по две лампы. Достаточное усиление предварительных усилителей НЧ транзисторных приемников обычно обеспечивается двумя транзисторами, работающими в двух каскадах.

Усилители НЧ граммофонных проигрывателей и магнитофонов строятся по такому же принципу, как и усилители НЧ радиовещательных приемников.

Схемы усилителей НЧ радиоприемников для УКВ связи см. в § 5-2.

Простые оконечные каскады усиления НЧ (рис. 3-20 и 3-21)

Низкочастотный сигнал от предварительного усилителя (или непосредственно от детектора) поступает в цепь управляющей сетки лампы или в цепь базы транзистора (каскады с транзисторами выполняют обычно по схеме с общим эмиттером). В анодную цепь лампы или в цепь коллектора транзистора включена первичная обмотка *I* понижающего трансформатора *Тр*, называемого выходным. Он имеет сердечник из пластин магнитного материала. Выходом оконечного каскада являются концы вторичной обмотки *II* этого трансформатора. К ним подключен один или несколько громкоговорителей.

Параллельно обмотке *I* выходного трансформатора (или между коллектором и базой каскада на транзисторе) включают конденсатор, а иногда цепь из последовательно соединенных конденсатора и сопротивления, чем достигается более равномерное усиление различных частот.

Когда от оконечного каскада требуется небольшая выходная мощность, в нем применяют маломощную электронную лампу или маломощный транзистор, а громкоговоритель или телефонные трубки включают непосредственно в анодную или коллекторную цепь (см., например, рис. 3-30, 3-36 и 3-37), выходной трансформатор в этом случае не требуется.

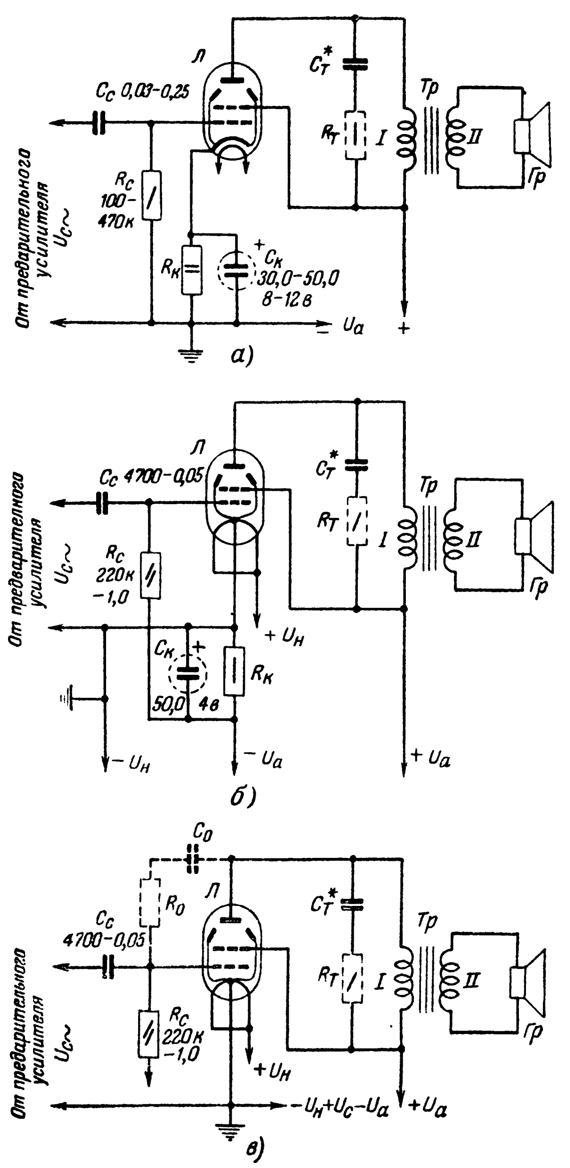


Рис. 3-20. Схемы простых оконечных каскадов с пентодами или лучевыми тетродами.

а — для сетевого радиоприемника, смещение на управляющую сетку автоматическое, *б* — для батарейного радиоприемника, смещение на управляющую сетку автоматическое; *в* — для батарейного радиоприемника, смещение на управляющую сетку от батареи (ее отрицательный полюс включается на нижний конец сопротивления R_c).

Смещение на управляющую сетку лампы оконечного каскада сетевого радиоприемника обычно автоматическое — с сопротивления $R_к$ (рис. 3-20, *а*), включенного в цепь катода этой лампы.

Электролитический конденсатор $C_к$ при использовании в схеме лампы 6П1П, 6П6С, 6Ф1П или 30П1С должен иметь емкость не менее 30 *мкф*

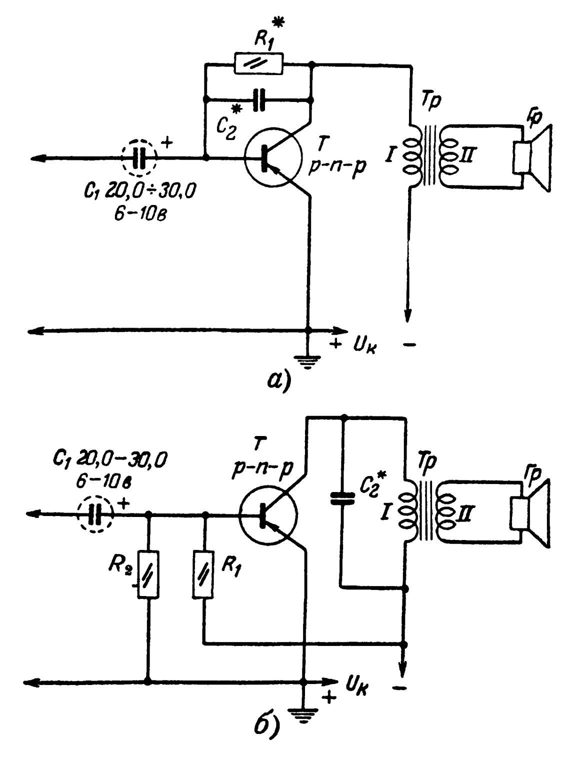


Рис. 3-21. Схемы простых оконечных каскадов с транзисторами.

а — с обратной связью из цепи коллектора в цепь базы; *б* — с делителем напряжения для цепи базы.

и рабочее напряжение не менее 12 *в*, а при лампах 6П14П или 6П18П — соответственно 50 *мкф* и 8 *в*. Сопротивление $R_т$ должно быть примерно равно эквивалентному сопротивлению нагрузки $r_н(R_а)$.

В батарейных ламповых приемниках смещение на управляющую сетку лампы оконечного каскада можно получить с сопротивления, включенного между отрицательными полюсами анодной батареи и батареи накала (рис. 3-20, *б*). Величина этого сопротивления в омах вычисляется по формуле

$$R_к = \frac{1\,000 U_c}{I}, \tag{3-1}$$

где U_c — требуемое напряжение смещения (находим по табл. 3-2), *в*;
I — ток, потребляемый всеми анодными цепями и цепями экранирующих сеток ламп приемника, *ма*.

В батарейных ламповых радиоприемниках смещение на управляющую сетку лампы оконечного каскада часто подают от отдельной батареи (рис. 3-20, *в*).

В транзисторных приемниках смещение на базу подают от общего источника питания радиоприемника через понижающее сопротивление или с делителя напряжения, состоящего из сопротивлений R_1 и R_2 (рис. 3-21). Каскад по схеме рис. 3-21, *б* менее экономичен, так как в нем расходуется дополнительный ток от источника питания, идущий через делитель напряжения. Однако каскад по такой схеме лучше тем, что его усиление меньше зависит от изменений окружающей температуры.

Рекомендуемые режимы одноламповых оконечных каскадов приведены в табл. 3-2. Определение упоминаемого в таблице термина «эквивалентное сопротивление нагрузки анодной цепи» см. § 10-6 (стр. 395).

$$r_н = R_а = \frac{n^2 r_{гр}}{\eta}, \tag{3-2}$$

где n — коэффициент трансформации выходного трансформатора;
$r_{гр}$ — полное сопротивление включенного на выход громкоговорителя (громкоговорителей) на средней частоте (см. табл. 7-1 на стр. 248), *ом*;
η — к. п. д. трансформатора.

При указанных в табл. 3-2 номинальных выходных мощностях $\eta = 0{,}7 \div 0{,}75$.

При вычислении по формуле (3-2) величина $r_н$ получается в омах. Чтобы получить величину $r_н$ в килоомах, нужно пользоваться формулой

$$r_н = \frac{n^2 r_{гр}}{1\,000\eta}. \tag{3-3}$$

В табл. 3-3 приведены данные некоторых выходных трансформаторов заводского производства для одноламповых оконечных каскадов; эти данные можно использовать при изготовлении самодельных радиоприемников и усилителей НЧ. Если предполагается использовать выбранный выходной трансформатор с громкоговорителем или лампой другого типа, необходимо изменить число витков вторичной обмотки трансформатора. Требуемое число витков вторичной обмотки w_{II} определяют по формуле

$$w_{II} = \frac{w_I}{28}\sqrt{\frac{r_{гр}}{r_н}}, \tag{3-4}$$

где w_I — число витков первичной обмотки выбранного трансформатора;
$r_н$ — эквивалентное сопротивление нагрузки согласно табл. 3-2, *ком*.

Если на выход усилителя включают два или большее число громкоговорителей, за величину $r_{гр}$ принимают общее их сопротивление (*ом*).

О включении громкоговорителей см. также стр. 252.

Таблица 3-2

Рекомендуемые режимы одноламповых оконечных каскадов по схемам рис. 3-20

	2П1П		2П2П		6П1П		6П6С		6П14П			6П18П	6Ф1П[2]	30П1С
Напряжение источника питания анода и экранирующей сетки $U_а$, *в*	70	90	60	90	210	250	180	250	150	200	250	180	170	100
Отрицательное напряжение смещения управляющей сетки $U_с$, *в*	3,6	4,5	3,5	7,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сопротивление автоматического смещения $R_к$, *ом*	—	—	—	—	240	270	240	240	160	130	120	110	150	100
Напряжение сигнала в цепи управляющей сетки $U_{с\sim}$ (эффективное значение), *в*	2,5	3,2	2,5	4,0	6,3	8,8	6,0	8,8	2,6	3,5	4,3	4,0	1,2	2,4
Эквивалентное сопротивление нагрузки анодной цепи $r_н$, *ком*	12	10	15	15	4	3,5	5	5	6,3	5,3	4,8	3	15	1,8
Номинальная мощность, отдаваемая каскадом громкоговорителю[1], $P_\sim$, *вт*	0,08	0,15	0,06	0,13	1,2	2,5	1	2,5	0,7	1,8	3,0	2,2	0,35	0,35
Анодный ток в режиме покоя $I_а$, *ма*	5,8	9,5	3,4	4,3	35	44	32	46	21	34	47	53	10,5	70
Ток экранирующей сетки в режиме покоя $I_э$, *ма*	1,4	2,2	0,8	1,2	2,5	2,8	3,0	4,0	2,2	4,0	5,0	8,0	2,8	12

[1] С учетом потерь энергии в выходном трансформаторе.
[2] Пентодная часть лампы.

Таблица 3-3

Выходные трансформаторы однолампоаых оконечных каскадов заводских радиоприемников, телевизоров и граммофонных проигрывателей

Название приемника, телевизора, проигрывателя	Применяемый громкоговоритель		Сердечник трансформатора		Первичная обмотка		Вторичная обмотка		Емкость конденсатора C_T *пф*
	Тип	Количество	Тип пластин	Толщина набора, *мм*	Число витков	Диаметр провода[1], *мм*	Число витков	Диаметр провода[1], *мм*	
Для лампы 2П1П									
«Киев-Б2» [2]	0,25ГД-III	1	Ш-16	16	2 800	0,12	35	0,6	4 700
«Луч» [2]	ДГС (0,25ГД-III)	1	Ш-14	16	2 500	0,09	60	0,55	
«Новь» [2]	1ГД-7	1	Ш-16	16	2 835	0,1	80 750	0,51 0,16	
Для лампы 2П2П									
«Турист» [2]	0,1ГД-1	1	Ш-9	12	3 550	0,12	50	0,55	
Для лампы 6П1П или 6П6С									
АРЗ-52 [2]	1ГД-1	1	Ш-16	16	2 500	0,1	61	0,8	
«Волга» [3]	1ГД-9	1	Ш-16	16	3 500	0,18	110	0,8	
«Казань-57» [8]	1ГД-9	1	Ш-12	25	3 235 + + 265	 0,14	990[8] 100	0,25 0,64	
«Минск Р7-55» [2]	2ГД-М3	1	Ш-20	30	2 400	0,12	64 576[8]	0,72 0,12	3 300

Продолжение табл. 3-3

Название приемника, телевизора, проигрывателя	Применяемый громкоговоритель		Сердечник трансформатора		Первичная обмотка		Вторичная обмотка		Емкость конденсатора C_T, *пф*
	Тип	Количество	Тип пластин	Толщина набора, *мм*	Число витков	Диаметр провода[1], *мм*	Число витков	Диаметр провода[1], *мм*	
«Москвич-3» и «Огонек»[2]		1	Ш-16	16	2 850	0,1	60	0,64	4 700
«Рекорд-53»[3]	1ГД-5-III	1			2 600 + + 200	0,12	90	0,44	2 000
«Рубин»[4]	1ГД-9	2[7]	УШ-16	32	3 000	0,12	150	0,5	2 000
«Темп»[4]	1ГД5-III	2[9]	Ш-19	28	2 700	0,15	66	0,8	4 700
«Юбилейный»[3]	1ГД-9	1	3 *см*²		2 800	0,13	109	0,8	7 500
Для лампы 6П14П									
«Байкал»[2]	1ГД-5				2 600	0,12	64	0,51	15 000
«Енисей»[4]	1ГД-9	2[9]	Ш-20	28	3 500	0,12	100	0,64	
«Комсомолец»[4]	1ГД-9	1	Витой		3 000	0,1	110	0,51	1 500
«Рубин-102»[4]	1ГД-9	1	УШ-16	32	2 000	0,18	100	0,59	2 200
«Эльфа-10»[5]		2[7]	Ш-20	22	3 000	0,18	100	0,72	

[1] Все обмотки намотаны проводом марки ПЭЛ.
[2] Радиоприемник.
[3] Граммофонный проигрыватель.
[4] Телевизор.
[5] Магнитофон.
[6] Дополнительная вторичная обмотка.
[7] Громкоговорители включаются последовательно.
[8] Дополнительная вторичная обмотка для включения внешнего громкоговорителя.
[9] Громкоговорители включаются параллельно.

Рекомендуемые режимы транзисторов в оконечных каскадах даны в табл. 3-4. Токи коллекторов каскадов устанавливают подбором величины сопротивления R_1 (рис. 3-21, *а* и *б*). Если будет использован громкоговоритель другого типа, число витков вторичной обмотки w_{II} выходного трансформатора вычисляют по формуле

$$w_{II} = 1{,}1 w_{I} \sqrt{\frac{r_{гр}}{r_{н}}}; \qquad (3\text{-}5)$$

здесь $r_{гр}$ и $r_{н}$ — в омах.

В цепь коллектора громкоговоритель можно включить непосредственно (исключив из схемы выходной трансформатор). В этом случае полное сопротивление громкоговорителя должно иметь величину, близкую к величине $r_{н}$.

При использовании транзистора П3А, П3Б или П3В в режиме, указанном в табл. 3-4, он должен быть обязательно укреплен на шасси площадью не менее 50 *см*², что обеспечит необходимый отвод тепла, выделяемого транзистором при работе.

Таблица 3-4

Рекомендуемые режимы оконечных каскадов с одним транзистором

	П1А—П1Д; П6А—П6Д; П13—П14		П3А—П3В
Напряжение источника питания $U_к$, *в*	4 — 4,5	8 — 9	24 — 26
Ток коллектора $I_к$, *ма*	5 — 7	5 — 7	120 — 140
Сопротивление R_1 на рис. 3-21, *а*, *ком*	10 — 12	10 — 12	10—22
То же на рис. 3-21, *б*, *ком*	12 — 15	12 — 22	8,2— 10
Сопротивление R_2 на рис. 3-21, *б*, *ком*	3,6— 4,7	1,5— 4,7	8,2— 10
Эквивалентное сопротивление нагрузки цепи коллектора $r_н$, *ом*	750	1500	330
Мощность НЧ, отдаваемая громкоговорителю $P_\sim$, *мвт*	7 — 10	15 — 20	700 — 800
Выходной трансформатор			
Сердечник	Ш-9 × 9 или Ш-10 × 10		Ш-12 × 12
Число витков первичной обмотки	1 700		750
Диаметр провода первичной обмотки, *мм*	0,12—0,15		0,23—0,25
Число витков вторичной обмотки при использовании громкоговорителя 1ГД6 или 1ГД9	150	106	110
Диаметр провода вторичной обмотки, *мм*	0,31—0,35		0,47
Емкость конденсатора C_2	3 000—7 500 *пф*		0,1—0,2 *мкф*

Двухтактные оконечные каскады

Назначение двухтактных оконечных каскадов. Двухтактные (пушпульные) оконечные каскады применяют в следующих случаях:

1) когда требуется выходная мощность, бо́льшая, чем может отдать оконечный каскад с одной лампой или с одним транзистором;

2) когда нужно получить высокое качество воспроизведения передачи или звукозаписи (с малыми нелинейными искажениями);

3) когда нужно уменьшить потребление мощности оконечным каскадом от источника питания — получить больший к. п. д. каскада.

Применение двухтактного каскада позволяет при той же выходной мощности уменьшить габариты выходного трансформатора.

Двухтактные оконечные каскады имеют сетевые радиоприемники первого и высшего классов, заводские ламповые батарейные приемники второго класса и большинство транзисторных (кроме карманных).

Схемы двухтактных оконечных каскадов (рис. 3-22 и 3-23). В таких каскадах работают по две электронные лампы (мощные пентоды или лучевые тетроды) или по два транзистора. Для повышения мощности иногда применяют большее четное число указанных приборов. Аноды ламп или коллекторы транзисторов присоединены к началу и к концу первичной обмотки *I* выходного трансформатора $Тр_в$, $Тр_2$ (рис. 3-22, *а—в* и 3-23, *а*). Эта обмотка имеет отвод от среднего витка — вывод средней точки. В каскаде на электронной лампе или транзисторе типа *n-p-n* на вывод средней точки включен положительный полюс источника питания (от выпрямителя или от батареи), а в каскаде на транзисторе типа *p-n-p* — отрицательный полюс источника питания. Напряжение на экранирующие сетки обеих ламп каскада подают от этого же источника питания, а смещение на управляющие сетки осуществляют от сопротивления, включенного в цепь катодов ламп. Иногда в цепи экранирующих сеток включают сопротивления, которые понижают напряжение на этих сетках по сравнению с напряжением на анодах.

Часто экранирующие сетки ламп присоединяют к отводам, сделанным от промежуточных витков первичной обмотки выходного трансформатора (рис. 3-22, *в*). Это создает отрицательную обратную связь (см. стр. 143), которая значительно уменьшает нелинейные искажения, создаваемые оконечным каскадом. Оконечный каскад по такой схеме называется у л ь т р а л и н е й н ы м.

Напряжение смещения на базы транзисторов двухтактного оконечного каскада подают от общего источника питания усилителя (приемника) через делитель напряжения, состоящий из сопротивлений R_1 и R_2.

Одна лампа или один транзистор с половиной первичной обмотки выходного трансформатора и с относящимися к этой лампе или транзистору другими деталями схемы образуют плечо двухтактного каскада.

Низкочастотный сигнал должен подаваться на двухтактный каскад от предварительного усилителя так, чтобы напряжения на управляющих сетках ламп или на базах транзисторов находились в противофазе.

Необходимый сдвиг фаз можно получить с помощью трансформатора, включенного между оконечным и предоконечным каскадами; от вторичной обмотки этого трансформатора должен быть сделан отвод. Такие трансформаторы, называемые переходными или междукаскадными, применяют в ламповых батарейных и транзисторных приемниках (рис. 3-22, *а* и 3-23, *а* и *б*). В сетевых ламповых приемниках обычно нет необходимости в переходном трансформаторе, так как необходимый сдвиг фаз может

быть осуществлен в предоконечном каскаде, если его выполнить по фазоинверсной схеме (рис. 3-24, *е* и *д*).

Режимы работы двухтактных оконечных каскадов. Двухтактные оконечные каскады могут работать в различных режимах.

Режим класса А. Для работы в этом режиме смещение на управляющих сетках ламп (базах транзисторов) выбирается таким, что анодный ток покоя лампы (ток покоя в цепи транзистора), т. е. ток в отсутствие сигнала, больше переменной составляющей анодного тока (тока

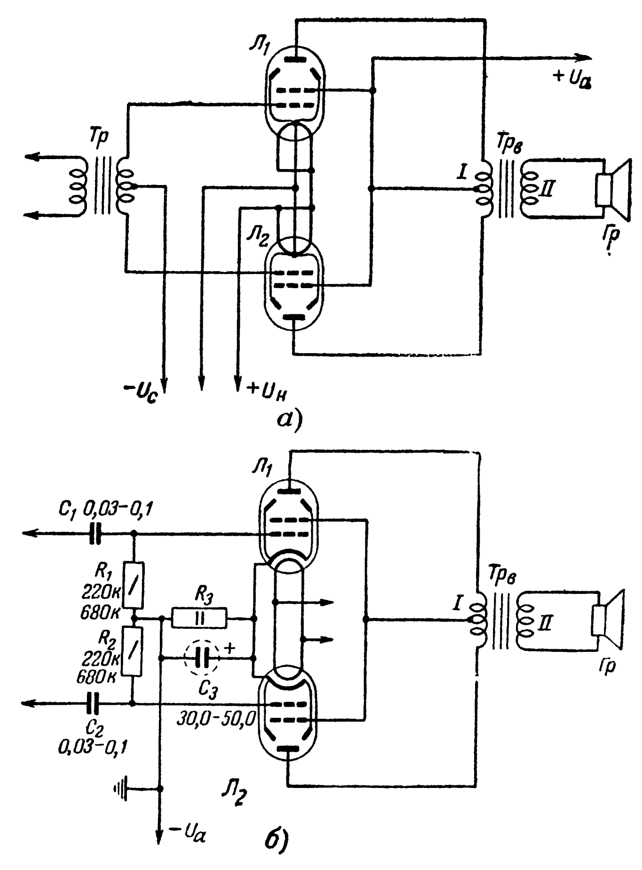
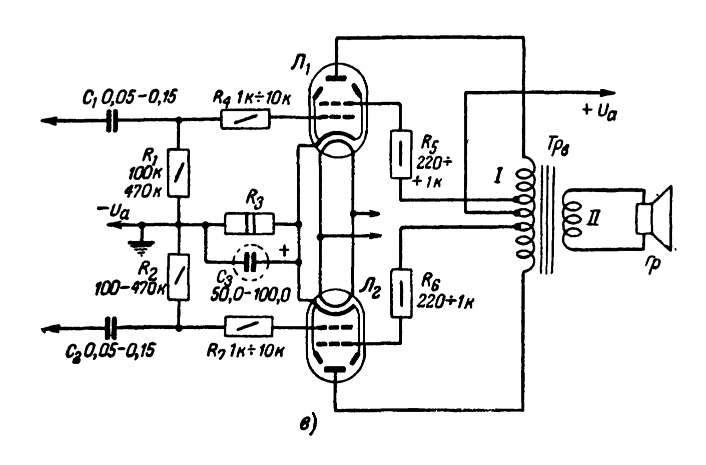


Рис. 3-22. Схемы двухтактных оконечных каскадов с пентодами или лучевыми тетродами.

а — для батарейного приемника; *б* — для сетевого приемника

В схеме *а* отрицательные полюсы батарей накала и анода, а также положительный полюс батарей смещения включаются на среднюю точку нитей накала. В схеме *б* положительный полюс источника анодного напряжения включается так же, как в схеме *а*.



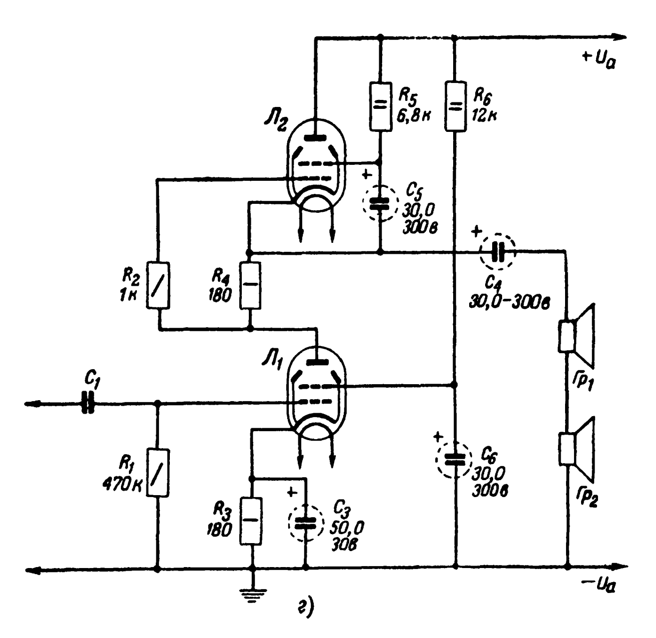


Рис. 3-22 (продолжение).

в — то же ультралинейная; *г* — то же бестрансформаторная.

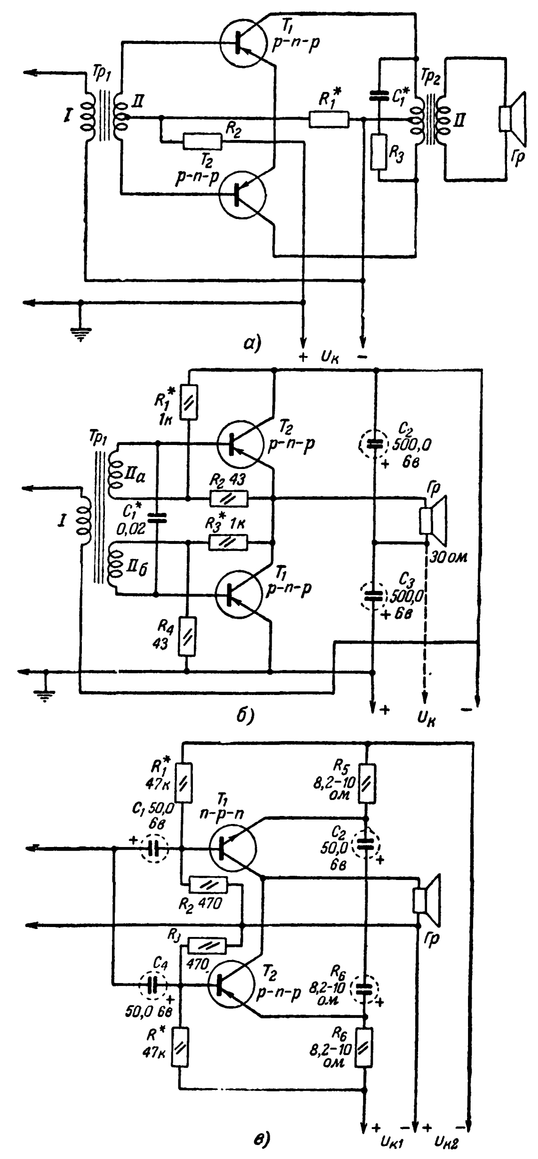


Рис. 3-23. Схемы двухтактных оконечных каскадов на транзисторах. *а* — с входным и выходным трансформаторами; *б* — без выходного трансформатора; *в* — без входного и выходного трансформаторов.

коллектора). Это значит, что анодный ток (ток коллекгора) протекает через лампу в течение обоих полупериодов напряжения входного сигнала.

Так как напряжения на управляющих сетках (на базах) находятся в противофазе, при увеличении анодного тока (тока коллектора) одного плеча каскада в другом плече каскада анодный ток (ток коллектора) уменьшается или наоборот. Другими словами, переменные составляющие анодных (коллекторных) токов в плечах каскада находятся в противофазе. Но эти токи проходят по двум половинам обмотки *I* трансформатора $Тр_в$ ($Тр_2$) в противоположных направлениях. Поэтому увеличение тока одного плеча и одновременное уменьшение тока второго плеча создают во вторичной обмотке *II* трансформатора э. д. с. и ток одного и того же направления. Когда же ток первого плеча уменьшается и ток второго плеча увеличивается, э. д. с. и ток во второй обмотке изменяют свое направление. Выходной трансформатор как бы суммирует действие переменных составляющих анодных (коллекторных) токов обоих плеч каскада, и в результате во вторичной обмотке выходного трансформатора получается переменный ток с частотой подводимого к каскаду сигнала.

Режим класса Б. Чтобы каскад работал в режиме класса Б, на управляющих сетках его ламп (на базах транзисторов) устанавливают такое смещение, что токи покоя ламп (транзисторов) равны нулю или близки к нулевому значению. Практически величина смещения должна быть больше, чем в режиме класса А. Вследствие этого лампы или транзисторы в плечах каскада работают поочередно: во время одного полупериода входного напряжения проходит ток через одну лампу или транзистор и половину первичной обмотки выходного трансформатора, а во время другого полупериода — через другую лампу или транзистор и другую половину этой обмотки.

Режим класса АБ. Для работы каскада в таком режиме токи покоя устанавливаются несколько большими, чем для режима класса Б, но они меньше, чем для режима класса А. Вследствие этого при малых амплитудах входного сигнала каскад работает в режиме, аналогичном режиму класса А, а при больших амплитудах входного сигнала токи через половины первичной обмотки выходного транзистора протекают поочередно, т. е. каскад переходит в режим класса Б.

Для каскадов с электронными лампами различают две разновидности режимов классов Б и АБ.

Режимы Б1 и АБ1 характеризуются тем, что амплитуда напряжения сигнала на управляющих сетках ламп каскада никогда не превышает величины постоянного отрицательного смещения, вследствие чего лампы работают без токов в цепях управляющих сеток.

В режимах Б2 и АБ2 амплитуды напряжения сигнала на управляющих сетках могут превышать величину отрицательного смещения, что приводит к появлению сеточных токов в цепях управляющих сеток ламп.

В усилительных каскадах, работающих в режиме класса Б или АБ, величина потребляемой от источников питания энергии почти пропорциональна величине входного сигнала. Так как напряжение входного сигнала лишь в отдельные моменты времени достигает максимальной величины, средняя величина энергии, потребляемой каскадом, работающим в режиме класса Б или АБ, за большой промежуток времени оказывается меньше, чем для каскадов, работающих в режиме класса А при тех же номинальных выходных мощностях и напряжениях питания. Поэтому к. п. д. двухтактного каскада, работающего в режиме класса Б

5*

Таблица 3-5

Рекомендуемые режимы двухтактных оконечных каскадов с электронными лампами

Схема по рисунку	3-22, *а*	3-22, *б*		3-22, *в*				
Применяемые лампы	2П1П	6П14П	6П3С	6П1П		6П14П		6П3С
Режим работы	АБ1	АБ1	А	АБ1		АБ1		АБ1
Напряжение источника питания анодов и экранирующих сеток, $U_а$, *в*	90	250	250	250	320	300	300	385
Отрицательное смещение на управляющих сетках $U_с$, *в*	9	—	—	—	—	—	—	—
Сопротивление автоматического смещения $R_к$, *ом*	0	120	130	200	200	130	100	350
Напряжение сигнала между управляющими сетками $U_{с.с\sim}$ (эффективное значение), *в*	13	15,2	25	—	—	—	—	—
Эквивалентное сопротивление нагрузки между анодами $r_н$, *ком*	25	8	5	9	9	8	9	6,6
Номинальная мощность, отдаваемая каскадом громкоговорителю, $P_\sim$, *вт*	0,3	9	11	6	8	10	12	20

Продолжение табл. 3-5

Схема по рисунку	3-22, *а*	3-22, *б*		3-22, *в*				
Применяемые лампы	2П1П	6П14П	6П3С	6П1П		6П14П		6П3С
Режим работы	АБ1	АБ1	А	АБ1		АБ1		АБ1
Анодный ток двух ламп в режиме покоя I_{a0}, *ма*	4	58	120	75*	85*	90*	85*	120*
То же при номинальной мощности, *ма*	8	74	130	—	—	—	—	—
Ток экранирующих сеток двух ламп в режиме покоя $I_{э0}$, *ма*	1	6,6	10	—	—	—	—	—
То же при номинальной мощности, *ма*	1,5	15	15	—	—	—	—	—
Трансформатор выходной								
Сечение сердечника, *см*²	2	5	6	6		5,5	9	9
Число витков первичной обмотки	1 750+ +1 750	1 500 + +1 500	1 000+ +1 000	900+600+600+900		1 140 + +860 + +860 + +1 140	1 600 + +400 + +400 + +1 600	1 050 + +790 + +790 + +1 050
Диаметр провода первичной обмотки, *мм*	0,1	0,15	0,2	0,17		0,18	0,18	0,18

* Общий ток, потребляемый каскадом от источника анодного питания.

или АБ, больше, чем при его работе в режиме класса А. Наивысший к. п. д. можно получить, используя режим класса Б.

Рекомендуемые режимы двухтактных оконечных каскадов с конкретными лампами приведены в табл. 3-5. Здесь же даны сечения сердечников и числа витков первичных обмоток выходных трансформаторов. Все эти данные практически проверены в промышленных и радиолюбительских конструкциях.

Число витков вторичной обмотки w_{II} выходного трансформатора зависит от сопротивления звуковой катушки громкоговорителя и может быть вычислено по формуле (3-4). Намотку вторичной обмотки производят проводом ПЭЛ диаметром 0,83—1,0 *мм*.

Для получения хорошего воспроизведения верхних частот полосы пропускания обмотки выходного трансформатора следует наматывать в следующем порядке; 1) одна четвертая часть витков вторичной обмотки; 2) половина витков первичной обмотки; 3) половина витков вторичной обмотки; 4) вторая половина витков первичной обмотки; 5) одна четвертая часть витков вторичной обмотки.

Типовые режимы двухтактных оконечных каскадов с транзисторами приведены в табл. 3-6. Для каскада нужно подобрать транзисторы, имеющие по возможности одинаковые коэффициенты усиления по току β. Такой подбор можно произвести с помощью испытателя транзисторов, описанного в § 9-10 этого Справочника. Указанные в таблице токи коллекторов (для режима класса АБ токи покоя) устанавливают путем подбора величины сопротивлений R_1 и R_3 (рис. 3-23). Число витков вторичной обмотки определяют по формуле (3-5).

Двухтактный оконечный каскад без выходного трансформатора на электронных лампах (рис. 3-22, *г*). В этой схеме используются две лампы 6П18П и громкоговорители с общим сопротивлением звуковых катушек около 800 *ом* (например, два последовательно соединенных громкоговорителя 2ГД6). Последовательно с громкоговорителями включен конденсатор C_4, не пропускающий постоянный ток анодных цепей ламп через звуковые катушки громкоговорителей.

Сигнал от предварительного усилителя поступает на цепь управляющей сетки лампы $Л_1$ через конденсатор C_1. От действия этого сигнала на сопротивлении R_4, которое является сопротивлением автоматического смещения лампы $Л_2$, возникает переменная составляющая напряжения с частотой сигнала. Она поступает в цепь управляющей сетки лампы $Л_2$ в противофазе по отношению к напряжению сигнала в цепи управляющей сетки лампы $Л_1$. Вследствие этого переменные составляющие анодных токов ламп также находятся в противофазе, т. е. когда анодный ток одной из ламп увеличивается, анодный ток другой уменьшается, и наоборот. Через звуковые катушки громкоговорителей проходит переменный ток с частотой сигнала, мгновенные значения которого в каждый момент времени равны разности анодных токов ламп $Л_1$ и $Л_2$.

При напряжении источника анодного питания $U_а = 280$ *в* номинальная выходная мощность бестрансформаторного оконечного каскада по схеме рис. 3-22,*г* равна 2 *вт*.

Двухтактный оконечный каскад без выходного трансформатора на транзисторах (рис. 3-23, ***б*****).** В этой схеме используются два соединенных последовательно транзистора типа *p-n-p* и громкоговоритель 0,5ГД12А (с сопротивлением звуковой катушки 30 *ом*). Обмотка *I* переходного трансформатора включена в цепь коллектора транзистора, работающего в предоконечном каскаде. В цепи баз транзисторов оконечного каскада сигнал

Таблица 3-6

Режимы двухтактных оконечных каскадов на транзисторах по схеме рис. 3-23, *а*

Типы применяемых транзисторов	П1А—П1Д; П6А—П6Д; П13; П13А; П14		П3А—П3Б		П3В
Режим работы	АБ		АБ	А	АБ
Напряжение источника питания $U_к$, *в*	6	9	6	12	48
Ток коллекторов в режиме покоя $I_к$, *ма*	2 — 4	2 — 5	10—12	230—250	
То же при номинальной мощности, *ма*	30 —40	30 — 40	100—120	240—270	
Сопротивление R_1, *ком*	3,9—4,7	6,8— 8,2	2,7—3,3	0,36—0,43	2,0—2,4
Сопротивление R_2, *ом*	75 —91	180 —220	27—33	82—110	10—12
Сопротивление R_3, *ом*	62 —75	0	0		
Емкость конденсатора C_1, *мкф*	0,1	0,02—0,05	0,5		
Эквивалентное сопротивление нагрузки коллекторной цепи $r_н$, *ом*	180	440	1500	230	300
Номинальная мощность, отдаваемая каскадом громкоговорителю, $P_\sim$, *мвт*	120	1 500	350	600	1 500
Переходной трансформатор $Тр_1$					
Сечение сердечника, *см*²	0,9		0,8	1,7	1,3
Число витков первичной обмотки	1 600		700	900	1 650
Диаметр провода первичной обмотки, *мм*	0,1—0,12		0,15—0,18	0,12—0,15	0,12—0,15
Число витков вторичной обмотки	400 + 400		350 + 350	180 + 180	165 + 165
Диаметр провода вторичной обмотки, *мм*	0,15—0,18		0,15—0,18	0,12—0,15	0,12—0,15
Выходной трансформатор $Тр_2$					
Сечение сердечника, *см*²	0,9		1,3	3	2
Число витков первичной обмотки	200 + 200		700 + 700	200 + 200	500 + 500
Диаметр провода первичной обмотки, *мм*	0,25—0,31		0,25—0,31	0,4—0,45	0,15—0,18

подается с отдельных вторичных обмоток этого трансформатора так, что напряжения на базах по отношению к эмиттерам двух плеч каскада изменяются в противофазе. Для выполнения этого условия обмотки *IIа* и *IIб* переходного трансформатора должны быть намотаны в одну сторону, вывод базы одного транзистора должен быть присоединен к началу обмотки *IIа*, а вывод базы другого — к концу обмотки *IIб*.

При отсутствии входного сигнала через громкоговоритель тока нет, так как потенциал точки соединения эмиттера транзистора T_2 и коллектóра транзистора T_1 равен потенциалу точки соединения конденсаторов C_2 и C_3. При подаче сигнала на вход усилителя токи коллекторов поочередно увеличиваются и уменьшаются, а переменные их составляющие находятся в противофазе, как и во всякой другой двухтактной схеме. Ток через громкоговоритель в любой момент времени равен разности токов коллекторов транзисторов. Он изменяется по такому же закону, как и напряжение входного сигнала.

Оконечный каскад по схеме рис. 3-23, *б* на транзисторах П13А или П14 при напряжении источника питания 8—9 *в* (две соединенные последовательно батарейки от карманного фонаря) отдает громкоговорителю номинальную мощность около 100 *мвт*.

При отсутствии электролитических конденсаторов емкостью 500 *мкф* можно применить конденсаторы C_2 и C_3 емкостью по 50—100 *мкф*, но в этом случае точка их соединения должна быть подключена к выводу от средней точки батареи (как показано на рис. 3-23, *б* пунктиром).

Данные переходного трансформатора $Тр_1$: сердечник Ш-9×9; обмотка *I*—2 000 витков ПЭЛ 0,12; обмотки *IIа* и *IIб* по 450 витков ПЭЛ 0,12.

Используя в одном плече каскада транзистор типа *р-п-р* — П13А или П14, а в другом — транзистор типа *п-р-п* — П9 или П10, на таком же принципе можно выполнить двухтактный каскад вообще без трансформаторов (рис. 3-23, *в*). Каскад по последней схеме может найти практическое применение только в тех случаях, когда предварительного усиления не требуется. Его выходная мощность около 100 *мвт* при сопротивлении звуковой катушки громкоговорителя около 500 *ом* и эффективном напряжении сигнала на входе 0,1—0,2 *в* (зависит от величины коэффициента усиления по току β примененных транзисторов). Входное сопротивление каскада около 300—400 *ом*.

Каскады предварительного усиления (рис. 3-24 и 3-25)

Каскады предварительного усиления НЧ радиовещательных приемников чаще всего выполняют по описанным ниже схемам с реостатно-емкостной связью, которые называют также схемами на сопротивлениях.

Работа каскада. Низкочастотный сигнал от детектора, звукоснимателя, предыдущего каскада усиления НЧ или какого-либо другого источника сигнала поступает в цепь управляющей сетки электронной лампы или в цепь базы транзистора (каскады усиления с транзисторами, как правило, выполняют по схеме с общим эмиттером, см. § 11-3).

Получаемый на сопротивлении R_1 усиленный сигнал через конденсатор C_1, называемый переходным, проходит в цепь управляющей сетки лампы или в цепь базы транзистора следующего каскада усилителя НЧ.

Смещение на управляющую сетку подогревной лампы каскада (рис. 3-24, *а* и *б*) чаще всего автоматическое; оно подается с сопротивления R_2, включенного в цепь катода этой лампы.

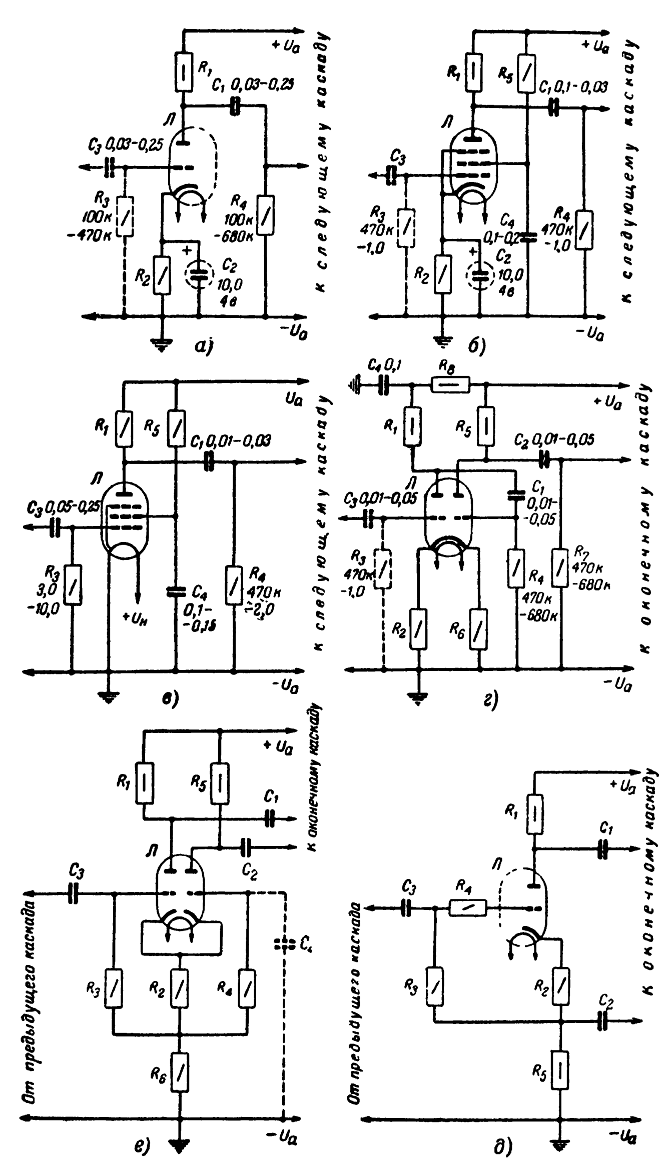


Рис. 3-24. Схемы каскадов предварительного усиления на электронных лампах. *а* — простой каскад усиления на подогревном триоде; *б* — каскад усиления на подогревном пентоде; *в* — каскад усиления на пентоде прямого накала; *г* — двухкаскадный усилитель на подогревном двойном триоде; *д* — фазоинверсный каскад с разделенной нагрузкой на триоде; *е* — фазоинверсный каскад с катодной связью на двойном триоде.

Смещение на управляющей сетке лампы прямого накала обычно получают за счет выпрямления в цепи этой сетки поступающего на нее сигнала. Сеточный ток небольшой величины заряжает конденсатор C_3 (рис. 3-24, *в*), на котором и получается напряжение, служащее напряжением смещения. Величина его изменяется с изменением напряжения сигнала. Этот способ получения смещения на управляющей сетке применим только при малой величине сигнала, практически только в первом каскаде усилителя НЧ радиовещательного приемника. Каскад с таким смещением при большом уровне сигнала создает существенные нелинейные искажения.

Смещение на базу транзистора подают от общего источника питания усилителя через делитель напряжения, состоящий из сопротивлений R_2 и R_3 (рис. 3-25). Сопротивление R_3 можно исключить, при этом сопротивление R_2 играет роль гасящего сопротивления. Практически напряжение смещения на базу имеет величину обычно порядка десятой доли вольта.

Трансформаторная междукаскадная связь применяется практически между предоконечным и оконечным двухтактным каскадами усилителя на транзисторах, а также между такими же каскадами усилителя на электронных лампах с батарейным питанием. При таком способе связи в схеме на транзисторах сопротивление R_1 и конденсатор C_1 (рис. 3-25) отсутствуют, а между выводом коллектора транзистора (типа *p-n-p*) и отрицательным полюсом источника питания включают первичную обмотку переходного трансформатора $Тр_1$ (рис. 3-25, *г*). Проходящий по этой обмотке пульсирующий ток коллектора индуктирует во вторичной обмотке трансформатора переменное напряжение, которое подается в цепи баз транзисторов оконечного каскада (рис. 3-23, *а*).

Применение сопротивления R_4 и конденсатора C_2 в схеме рис. 3-25, *г* необязательно.

Аналогичные изменения осуществляются и в предоконечных ламповых каскадах при двухтактных схемах оконечных каскадов на электронных лампах.

Режимы каскадов предварительного усиления с транзисторами (рис. 3-25) определяются в основном токами коллекторов, которые при использовании транзисторов П6А—П6Д, П13—П14 должны иметь следующие ориентировочные величины:

первый каскад с реостатно-емкостной связью со следующим каскадом — 0,4—0,6 *ма*;

предоконечный каскад с трансформаторной связью с оконечным двухтактным каскадом — 5—7 *ма*;

остальные каскады — 1—1,5 *ма*.

Величина тока коллектора устанавливается подбором величины сопротивления R_2.

Каскад дает усиление по напряжению порядка 20—50 (тем больше, чем больше коэффициент усиления по току β).

Режимы каскадов предварительного усиления с электронными лампами с реостатно-емкостной связью даны в табл. 3-7 и 3-8, где приняты те же обозначения, что и на рис. 3-24, *а—в*. Указанные в таблицах величины усиления по напряжению обеспечиваются, если сопротивление R_4 в 2—4 раза больше сопротивления R_1. При отсутствии конденсатора C_2 усиление каскада будет на 10—30% меньше указанного в таблицах.

Переходной конденсатор C_1 в схемах рис. 3-24 и 3-25 должен иметь достаточно малое сопротивление для всех частот низкочастотного сигнала. В усилителях с транзисторами это обеспечивается, если его емкость 10—

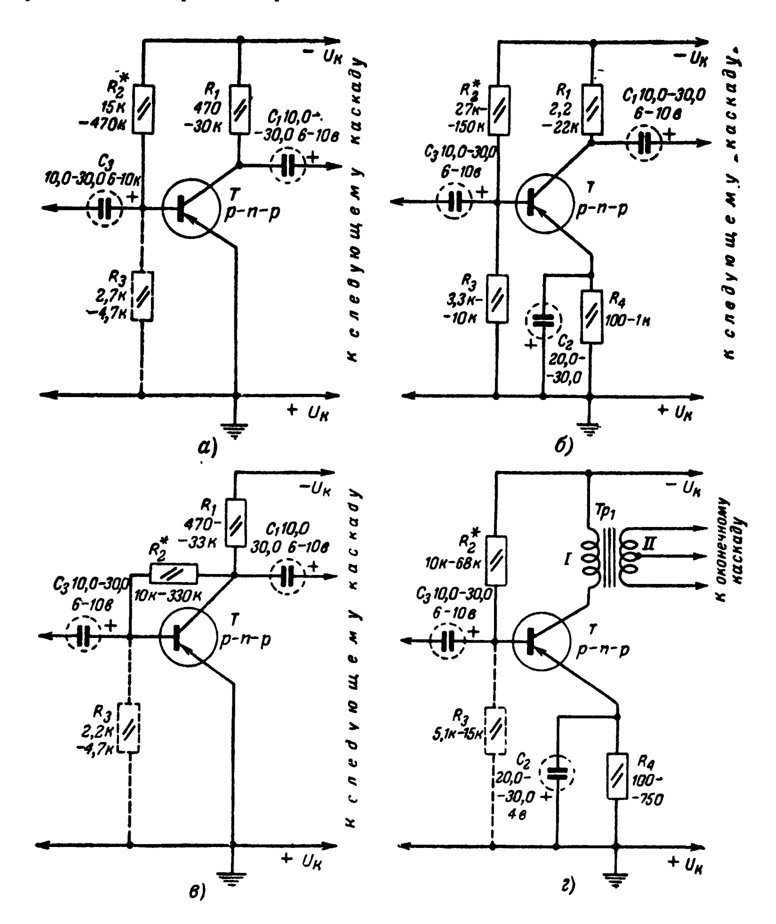


Рис. 3-25. Схемы каскадов предварительного усиления на транзисторах.
а — простейший каскад; *б* — каскад со стабилизацией с помощью сопротивления, включенного в цепь эмиттера; *в* — каскад с отрицательной обратной связью из цепи коллектора в цепь базы; *г* — предоконечный каскад к двухтактному оконечному каскаду.

30 *мкф*. В схеме с электронными лампами емкость переходного конденсатора должна быть тем больше, чем меньше сопротивление R_4 (R_7).

При выборе емкости переходного конденсатора в многокаскадном ламповом усилителе при автоматическом смещении или при смещении от

Таблица 3-7

Величины сопротивлений, режимы и коэффициенты усиления по напряжению *K* каскадов предварительного усиления с триодами по схеме рис. 3-24, *а*

Тип триода	$U_а$, *в*	R_1, *ком*	R_2, *ком*	$I_а$*, *ма*	*K**
6Н1П	130—150	47 100 220	1 2,2 6,2	2 1 0,5	11—13 11—13 12—14
	180—200	47 100 220	1,3 2,7 6,2	2,2 1,2 0,6	11—13 12—14 13—15
	230—250	47 100 220	1 2,4 6,8	3 1,3 0,6	16—18 17—20 19—22
	280—300	47 100 220	0,68 1,5 3,3	4 2 1	19—22 22—24 24—28
6Н2П	180—200	100 220	1,2 2,2	0,8 0,5	30—35 40—45
	230—250	100 220	1 1,5	1 0,6	40—45 45—50
	280—300	100 220	1,5 2,7	1,1 0,6	45—50 50—55
6Н8С	130—150	47 100 220	1 2,2 5,6	1,9 1 0,5	10—12 10—12 11—13
	180—200	47 100 220	2 3,6 8,2	2 1,1 0,5	10—12 11—13 12—14

Продолжение табл. 3-7

Тип триода	$U_а$, *в*	R_1, *ком*	R_2, *ком*	$I_а$*, *ма*	*K**
6Н8С	230—250	47 100 220	1,5 2,7 6,2	2,8 1,5 0,8	11—13 12—14 13—15
	280—300	47 100 220	1,1 2,7 6,8	3,8 1,8 0,8	11—13 12—14 13—15
6Н9С	180—200	100 220	2,2 3,9	0,7 0,4	25—30 30—35
	230—250	100 220	1,5 2,7	1,0 0,6	30—40 40—45
	280—300	100 220	1,2 2,2	1,3 0,7	30—35 35—45
6Ф1П**	180—200	47 100 220	1,0 3,3 5,1	3,0 1,2 0,8	14—16 16—18 18—20
6И1П**	180—200	47 100 220	1,3 1,5 3,6	2,3 1,5 0,8	11—13 12—14 13—15

* Указаны ориентировочные значения для одного триода.
** Для триодной части лампы.

Таблица 3-8

Номинальные величины сопротивлений и коэффициенты усиления по напряжению *К* первых каскадов предварительного усиления НЧ на пентодах по схемам рис. 3-24, *б* и *в*

Тип пентода	$U_а$, *в*	R_1, *ком*	R_2, *ком*	R_5, *Мом*	*K*
1Б1П	40—50	220 470 1000	— — —	0,36—0,39 1,1 —1,3 2,0 —2,2	15—20 20—30 30—40
	90—100	220 470 1 000	— — —	0,56—0,68 1,3 —1,6 2,7 —3,3	20—35 35—50 45—60
	120—135	220 470 1 000	— — —	0,68—0,91 1,8 —2,0 3,6 —4,3	30—50 40—60 50—80

Продолжение табл. 3-8

Тип пентода	$U_а$, *в*	R_1, *ком*	R_2, *ком*	$R_Б$, *Мом*	*K*
6Ж3П	90—100	100 220 470	0,56—0,68 0,56—0,68 1,8 —2,0	0,47—0,68 0,47—0,68 1,0 —2,0	100—130 150—170 170—220
	230—250	100 220 470	0,56—0,68 0,56—0,68 1,8 —2,0	0,47—0,68 0,47—0,68 1,0 —2,0	160—190 220—280 300—340
6Ж8	90—100	100 220 470	0,91—1,0 1,6 —1,8 3,6 —3,9	0,27—0,33 0,91—1,2 1,6 —2,0	50— 70 60— 90 70—110
	130—150	100 220 470	0,82—1,0 1,3 —1,5 2,7 —3,3	0,27—0,33 0,91—1,2 1,8 —2,2	60— 80 80—110 110—130
	180—200	100 220 470	0,82—0,91 1,1 —1,2 2,0 —2,4	0,3 —0,33 0,91—1,2 2,2 —2,4	30— 35 55— 80 70—100
	230—250	100 220 470	0,68—0,75 0,91—1,2 1,5 —2,0	0,33—0,39 1,0 —1,3 2,2 —2,7	40— 50 60— 80 80—110
	270—300	100 220 470	0,51—0,56 0,91—1,1 1,3 —1,5	0,36—0,43 1,1 —1,3 2,2 —2,7	40— 50 70—100 110—140

батареи на управляющую сетку следует руководствоваться следующими данными.

Сопротивление R_4 в цепи сетки лампы следующего каскада, *ком*	Емкость переходного конденсатора C_1, *мкф*
100— 130	0,1 —0,05
150— 200	0,07 —0,03
220— 300	0,05 —0,02
330— 470	0,03 —0,015
510— 680	0,02 —0,01
750—1 100	0,015—0,01
1 200—2 000	0,01 —0,005

Практическая схема предварительного усилителя на двойном триоде, данные ее деталей и режимы работы приведены на рис. 24, *г* и в табл. 3-9

применительно к лампам различных типов. Схема эта с указанными вариантами используется практически в различных заводских радиовещательных приемниках и граммофонных проигрывателях. При работе от диодного детектора супергетеродинного приемника или от звукоснимателя такой усилитель, выполненный с любым из вариантов ламп и данных деталей, указанных в таблице, обеспечивает достаточное напряжение сигнала для оконечного одноламповог каскада на лампе 6П1П, 6П6С, 6П14П или 6П18П (см. рис. 3-20).

Таблица 3-9

Данные деталей двухкаскадных предварительных усилителей низкой частоты на двойных триодах, применяемых в радиовещательных приемниках (по схеме рис. 3-24, *г*)

Применяемая лампа	6Н2П				6Н8С	6Н9С
$U_а$, *в*	150	200	200	240	250	250
R_1, *ком*	300	120	120	100	300	120
R_2, *ком*	1,5	1,6	2,2	0,68	2,7	2,2
R_5, *ком*	100	120	120	270	200	120
R_6, *ком*	1,5	8,2	6,2	3,0	6,8	6,2
R_8, *ком*	0	33	0	0	0	0

Примечание. Данные остальных деталей см. на схеме.

Фазоинверсные каскады (рис. 3-24, *д* и *е* и табл. 3-10)

Фазоинверсные каскады применяют в качестве предоконечных к оконечным каскадам по двухтактным схемам с выходными трансформаторами с целью получения необходимого сдвига фаз между напряжениями на управляющих сетках ламп оконечных каскадов.

Наибольшее распространение в радиовещательных приемниках получили приводимые ниже две схемы фазоинверсных каскадов.

Каскад с разделенной нагрузкой (рис. 3-24, *д*). В такой схеме обычно используют одну половину двойного триода (другая его половина работает в другом каскаде усиления НЧ). Автоматическое смещение на сетку триода фазоинверсного каскада подается с сопротивления R_2. Нагрузочное сопротивление каскада разделено на две части. Одна из них R_1 включена между положительным полюсом источника анодного напряжения и анодом триода, а другая R_5 — между его катодом и отрицательным полюсом анодного напряжения.

От действия напряжения сигнала в цепи сетки триода потенциалы его анода и катода по отношению к отрицательному полюсу источника анодного напряжения изменяются в противофазе. Так как анод и катод триода фазоинверсного каскада соединены с управляющими сетками ламп оконечного каскада через конденсаторы C_1 и C_2, напряжения на этих сетках также изменяются в противофазе.

Усиление такого каскада по напряжению, определяемое как отношение напряжения сигнала между управляющими сетками оконечного каскада к напряжению сигнала, поступающему в цепь сетки фазоинверсного каскада, равно примерно 2.

Таблица 3-10

Рекомендуемые режимы и данные деталей фазоинверсных каскадов

Типы лампы	$U_а$, *в*	R_1, R_5, *ком*	R_2, *ком*	R_3, *ком*	R_4, *ком*	R_6, *ком*	C_3, *мкф*	$I_а$*, *ма*
Каскад с разделенной нагрузкой по схеме рис. 3-24, *д*								
6Н1П	300	10	2	510	47	Нет	0,02	2,5
6Н2П	200	39	2,4	470	Нет	»	0,03	0,6
6Н2П	250	43	1	1 000	»	»	0,01	1
6Н2П	300	33	1,2	1 200	»	»	0,01	1,2
6Н8С	300	12	1,2	750	»	»	0,01	3,5
Каскад с катодной связью по схеме рис. 3-24, *е*								
6Н1П	250	33	0,51	470	470	24	0,03	6
6Н1П	300	120	2	1 000	1 000	30	0,01	3

* Анодный ток каскада (для схемы рис. 3-24, *е* двух триодов) указан ориентировочно.

Каскад с катодной связью (рис. 3-24, *е*). В таком каскаде работают обе половины двойного триода. Катоды их соединены вместе, а между точкой их соединения и отрицательным полюсом источника анодного напряжения включены сопротивления R_2 и R_6. Автоматическое смещение на сетки обоих триодов подается с сопротивления R_2 через сопротивления R_3 и R_4. Между анодами триодов и положительным полюсом источника анодного напряжения включены два отдельных нагрузочных сопротивления R_1 и R_5. Напряжение сигнала НЧ поступает через конденсатор C_3 от предыдущего каскада усиления на сетку левого по схеме триода. В результате этого на сопротивлениях R_2 и R_6 возникает переменная составляющая напряжения с частотой сигнала. Она подается на сетку правого по схеме триода, находясь в противофазе с напряжением сигнала на сетке левого триода. Вследствие этого анодные токи триодов и потенциалы на их анодах изменяются в противофазе. Так как последние соединены через конденсаторы C_1 и C_2 с управляющими сетками ламп оконечного каскада, напряжения в их цепях также изменяются в противофазе. Фазоинвертор с катодной связью обеспечивает усиление входного сигнала в 10—40 раз (в зависимости от типа используемой лампы).

Отрицательная обратная связь

Назначение. Отрицательную обратную связь (противосвязь) применяют в усилителях НЧ в следующих целях:

1) для уменьшения возникающих в усилительных каскадах нелинейных искажений;

2) для увеличения выходной мощности усилителей при тех же лампах, транзисторах и источниках питания без увеличения нелинейных искажений;

3) для выравнивания частотной характеристики усилителя, т. е. для уменьшения частотных искажений;

4) для уменьшения фона переменного тока в громкоговорителе при питании приемника или усилителя от сети переменного тока.

Кроме того, применение в усилителе НЧ отрицательной обратной связи дает возможность уменьшить габариты выходного трансформатора.

Отрицательную обратную связь применяют во всех радиоприемниках и усилителях НЧ, от которых требуется повышенное качество воспроизведения передач, граммофонных и магнитофонных записей.

Сущность отрицательной обратной связи заключается в том, что часть энергии сигнала с выхода усилителя НЧ, из анодной цепи или из цепи коллектора одного из его каскадов передается во входную цепь этого же каскада или какую-либо цепь другого, стоящего впереди каскада.

Во всех случаях напряжение обратной связи, поступающей в цепь сетки, базы или другую какую-либо цепь каскада, должно быть противоположно по фазе напряжению основного сигнала, возбужденного предыдущим каскадом усиления, детектором или звукоснимателем. Вследствие этого результирующий сигнал в цепи, в которую вводится обратная связь, становится меньше сигнала, который существовал в этой цепи в отсутствие обратной связи. Следовательно, применение отрицательной обратной связи, улучшая качество работы усилителя, вместе с тем приводит к уменьшению его усиления.

Чтобы получить такое же усиление при отрицательной обратной связи, как и без нее, приходится увеличивать усиление отдельных каскадов предварительного усиления, а иногда и добавлять в усилитель дополнительные каскады.

Цепь, по которой передается сигнал обратной связи, называют *цепью обратной связи*, а все каскады усилителя НЧ, находящиеся между началом и концом этой цепи, — каскадами, *охваченными обратной связью*.

Коэффициент обратной связи. Действие отрицательной обратной связи количественно характеризуется коэффициентом обратной связи — числом, показывающим, во сколько раз она уменьшает усиление каскадов, охваченных обратной связью, или, соответственно, во сколько раз нужно увеличить амплитуду сигнала на входе усилителя, чтобы получить на его выходе такую же мощность и такое же напряжение, как и без обратной связи.

Когда коэффициент обратной связи велик, т. е. когда обратная связь значительно уменьшает усиление, ее называют глубокой обратной связью.

Примерами схем, в которых отрицательная обратная связь охватывает один каскад, являются схемы рис. 3-21, *а*, 3-22, *в* и 3-25, *в*. В схемах 3-21, *а* и 3-25, *в* обратная связь подается из цепи коллектора в цепь базы транзистора через включенное между этими электродами сопротивление (и конденсатор C_2 в схеме рис. 3-21, *а*). В ультралинейной схеме оконечного каскада (рис. 3-22, *в*) отрицательная обратная связь подается с части первичной обмотки выходного трансформатора в цепи экранирующих сеток этих же ламп. Схемы с отрицательной обратной связью, охватывающей несколько каскадов, даны на рис. 3-26.

Практические схемы отрицательной обратной связи, охватывающей несколько каскадов. Ввиду того, что наибольшие нелинейные искажения вносятся лампами и транзисторами оконечных каскадов и выходными трансформаторами, а уменьшение этих искажений является одной из ос-

новных задач отрицательной обратной связи, напряжение обратной связи чаще всего берут со вторичных обмоток выходных трансформаторов (рис. 3-26). В усилителе с электронными лампами это напряжение удобнее всего подать в цепь катода лампы одного из каскадов предваритель-

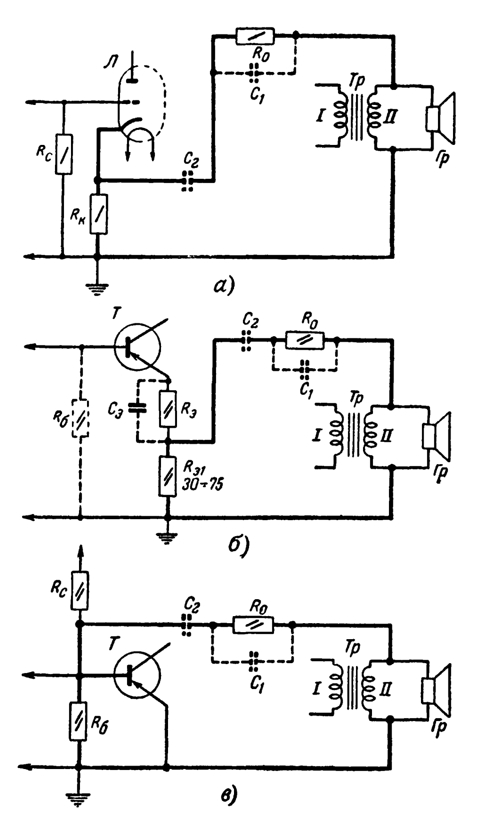


Рис. 3-26. Схемы отрицательной обратной связи со вторичной обмотки выходного трансформатора.

а — в цепь катода электронной лампы каскада предварительного усиления; *б* — в цепь эмиттера транзистора каскада предварительного усиления; *в* — в цепь базы транзистора каскада предварительного усиления.

ного усиления (рис. 3-26,*а*). Для этого один конец вторичной обмотки выходного трансформатора соединяют через сопротивление R_0 с этим катодом, а другой — с шасси усилителя. При этом параллельно сопротивлению $R_к$ конденсатор не включают. Если отрицательная обратная связь подается в цепь катода лампы первого каскада усиления на двойном триоде, величина сопротивления R_0 должна быть в 10—30 раз больше сопротивле-

ния $R_к$; когда же обратная связь подается в цепь катода лампы предоконечного каскада, сопротивление R_0 должно быть в 1,5 —4 раза больше сопротивления $R_к$. Конкретная величина сопротивления R_0 зависит от напряжения на вторичной обмотке выходного трансформатора и от усиления, даваемого каскадами.

В усилителе с транзисторами обратную связь можно подать в цепь эмиттера (рис. 3-26, *б*) или в цепь базы (рис. 3-26, *в*) одного из каскадов предварительного усиления. В схеме рис. 3-26, *б* сопротивление R_0 должно быть в 10—30 раз больше сопротивления $R_{э1}$, а в схеме рис. 3-26, *в* в 2—10 раз больше сопротивления $R_б$. Величина сопротивления R_0 подбирается опытным путем при налаживании усилителя НЧ.

Во всех схемах рис. 3-26 коэффициент обратной связи тем больше, чем меньше сопротивление R_0.

Регулятор тембра

Равномерное усиление всех звуковых (низких) частот, передаваемых радиовещательной станцией, оказывается не всегда желательным. Речевые передачи звучат более четко, когда полоса пропускания ограничена со стороны верхних частот — частоты выше 3 500—4 000 *гц* ослаблены. При наличии помех радиоприему ограничение полосы пропускания со стороны верхних частот также создает впечатление, что качество воспроизведения лучше.

Такое же явление наблюдается при воспроизведении граммофонных записей, особенно со старых пластинок, так как «шумы пластинки» лежат, в основном, в области верхних звуковых частот.

Когда звук в комнате сильно заглушается находящимися в ней драпировками, коврами, мягкой мебелью, передача звучит естественнее, если верхние звуковые частоты усилены больше, чем средние и нижние. При слушании радиопередачи с пониженной громкостью вследствие особенностей восприятия сложного звука человеческим ухом передача звучит естественнее, если лучше усилены нижние частоты по сравнению с другими. Наконец, одним радиослушателям приятнее слушать радиопередачу, имеющую более низкий тембр — когда выделяется звучание нижних частот, а другим — когда она имеет более высокий тембр — низкие частоты ослаблены по сравнению с остальными и выделяется звучание верхних частот.

Все эти изменения в воспроизведении различных звуковых частот — изменения тембра — можно производить изменением частотных характеристик усилителей НЧ, применяя в них регуляторы тембра. Они представляют собой электрические цепи, состоящие из конденсаторов постоянной емкости и переменных сопротивлений — потенциометров. В некоторые регуляторы тембра, кроме того, входят постоянные непроволочные сопротивления. Включаются регуляторы тембра чаще всего между каскадами усиления НЧ (рис. 3-27, *а*, *в*—*д*) либо в цепи отрицательной обратной связи (рис. 3-27, *б*).

При изменении положений движков переменных сопротивлений полное сопротивление цепи регулятора тембра для различных частот звукового диапазона изменяется, а вместе с тем изменяется и частотная характеристика усилителя НЧ.

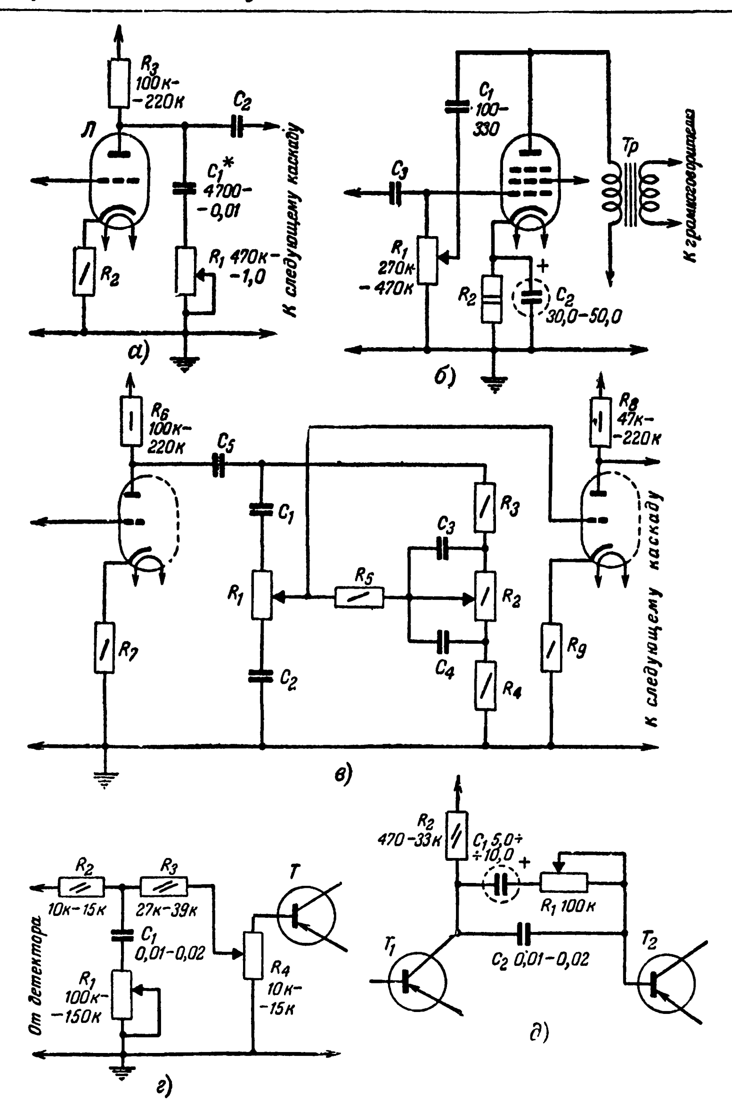


Рис. 3-27. Схемы регуляторов тембра.

а — регулятор верхних частот в каскаде предварительного усиления лампового радиоприемника или усилителя НЧ; *б* — то же в оконечном каскаде; *в* — регулятор с раздельным регулированием верхних и нижних частот, включаемый между каскадами лампового радиоприемника или усилителя НЧ; *г* — регулятор верхних частот в транзисторном радиоприемнике или усилителе НЧ; *д* — регулятор нижних частот в транзисторном радиоприемнике или усилителе НЧ.

В схеме рис. 3-27, *в* потенциометром R_1 изменяют усиление верхних частот, а потенциометром R_2 — усиление нижних частот. Детали этой схемы могут иметь следующие данные:

Варианты

	I	II	III	IV
R_1 =	2 *Мом*	1 *Мом*	1 *Мом*	1 *Мом*
R_2 =	2 *Мом*	2 *Мом*	1 *Мом*	3,3 *Мом*
R_3 =	1,2 *Мом*	100 *ком*	100 *ком*	0
R_4 =	150 *ком*	10 *ком*	10 *ком*	100 *ком*
R_5 =	0	100 *ком*	100 *ком*	220 *ком*
C_1 =	33 *пф*	150 *пф*	220 *пф*	82 *пф*
C_2 =	680 *пф*	2 200 *пф*	2 200 *пф*	3 600 *пф*
C_3 =	270 *пф*	2 200 *пф*	2 200 *пф*	0
C_4 =	3 300 *пф*	0,01 *мкф*	0,02 *мкф*	0,03 *мкф*
C_5 =	0,05 *мкф*	0,05 *мкф*	0,05 *мкф*	0,03 *мкф*

При средних положениях движков потенциометров R_1 и R_2 регулятор тембра не вносит изменений в частотную характеристику усилителя НЧ, а при их крайних положениях создает увеличение («подъем») или уменьшение («завал») соответственно высшей частоты усиливаемого сигнала и его низшей частоты на 10—15 *дб*.

На схеме рис. 3-27, *г* в регулятор тембра входят конденсатор C_1 и сопротивления R_1 —R_3; потенциометр R_4 здесь является регулятором громкости. Во всех остальных схемах рис. 3-27 регуляторы тембра образуются переменными сопротивлениями R_1 и конденсаторами C_1.

3-12. САМОДЕЛЬНЫЕ ДЕТЕКТОРНЫЕ ПРИЕМНИКИ

Простейший приемник (рис. 3-28)

Грубую настройку приемника (переключение поддиапазонов) производят переключателем *П*, а плавную — изменением расстояния между катушками L_1 и L_2. Они могут быть намотаны внавал проводом диаметром 0,15—0,25 *мм* в любой изоляции. Катушка L_2 с отводами от 70-го и 150-го витков всего содержит 290 витков; она наматывается между кар-

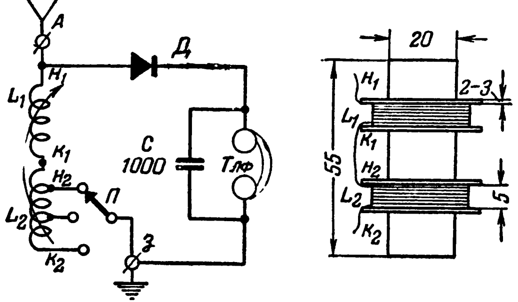


Рис. 3-28. Схема и конструкция катушек индуктивности простейшего детекторного приемника.

тонными щечками, приклеенными к каркасу. Катушка L_1 — 60 витков — наматывается на картонной шпульке, которую можно передвигать по каркасу.

Переключатель *П* и конденсатор могут быть любого типа. В качестве детектора можно применить точечный полупроводниковый диод (например, Д2А) или детектор от любого детекторного приемника. Телефонные трубки могут быть как электромагнитные, так и пьезоэлектрические; в последнем случае вместо конденсатора *C* включается сопротивление 47 ÷ 100 *ком* любого типа.

Приемник монтируется на фанерной панели размерами 75 × 130 *мм*. По краям панели снизу прибивают или приклеивают стоечки из деревянных брусков.

Приемник с конденсатором переменной емкости (рис. 3-29)

Приемник имеет два диапазона: длинноволновый (переключатель *П* разомкнут) и средневолновый (переключатель *П* замкнут). Плавную настройку приемника производят конденсатором переменной емкости C_1.

Катушка L_1 содержит 70 витков, а катушка L_2 — 200 витков провода ПЭЛ или ПЭЛШО 0,15—0,25 *мм*. В качестве конденсатора C_1 можно

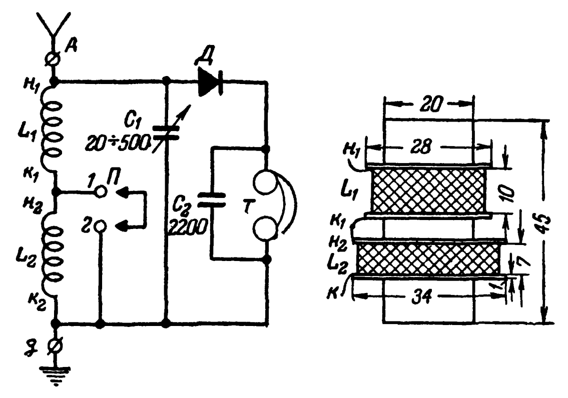


Рис. 3-29. Схема и конструкция катушек детекторного приемника с конденсатором переменной емкости.

использовать одну секцию блока конденсаторов переменной емкости от любого заводского радиоприемника (вторая секция не используется). Переключатель *П* представляет собой штепсельную вилку с замкнутыми между собой ножками, которая вставляется в гнезда *1—2* при приеме в диапазоне СВ.

Приемник монтируется на фанерной панели размерами 100 × 150 *мм*. Детектор, конденсатор C_2 и телефонные трубки могут быть такими же, как и в описанном выше приемнике.

3-13. САМОДЕЛЬНЫЕ ЛАМПОВЫЕ БАТАРЕЙНЫЕ ПРИЕМНИКИ

Двухламповый приемник (рис. 3-30)

Схема. Приемник на пальчиковых лампах 1К2П или 1К1П (сеточный детектор с обратной связью) и 2П2П (усилитель НЧ) рассчитан на диапазоны средних и длинных волн и позволяет слушать ближайшие радиовещательные станции на громкоговоритель. Он может также работать как одноламповый или детекторный.

При приеме на одну лампу вынимают из панельки лампу $Л_2$ усилителя НЧ, а телефонные трубки включают в гнезда $Тлф_2$.

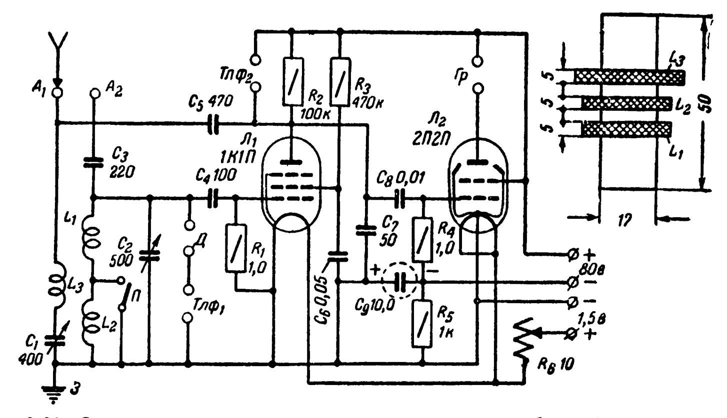


Рис. 3-30. Схема и конструкция катушек двухлампового батарейного приемника.

Для использования приемника в качестве детекторного антенну подключают к гнездам $А_2$, детектор вставляют в гнезда $Д$, а телефонные трубки включают в гнезда $Тлф_1$. Обе лампы приемника в этом случае вынимают. Для нормальной работы приемника требуются наружная антенна и хорошее заземление.

Детали. Катушки приемника намотаны проводом ПЭШО 0,15—0,25 на общем каркасе — картонной гильзе от охотничьего патрона 16-го калибра. Катушка L_1 содержит 90, L_2 — 300 и L_3 — 80 витков.

Электропитание. Для питания приемника можно применить анодную батарею 70АМЦГ-5 и батарею накала 1,3НВМЦ-250. Такой комплект батарей обеспечивает питание приемника на 5—6 мес. при ежедневной работе 4—5 *ч*.

Трехламповый приемник (рис. 3-31)

Схема. Приемник собран на лампах 1К2П (усилитель ВЧ), 1К2П (сеточный детектор с обратной связью) и 2П2П (усилитель НЧ) и рассчитан на прием радиовещательных станций в диапазонах 200—576 и 732—2 000 *м*. Обратная связь регулируется подстроечным конденсатором C_{11}.

Приемник может быть использован как детекторный. Гнезда $Д$ в этом случае служат для включения кристаллического детектора, а гнезда $Тлф_1$ — для включения телефонов.

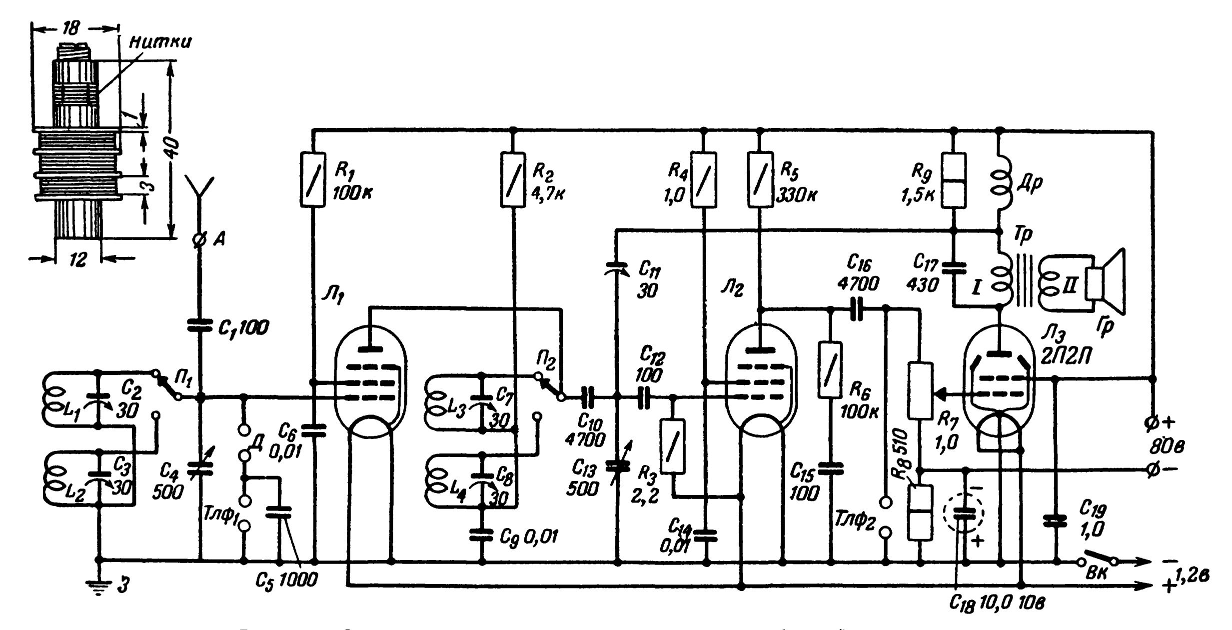


Рис. 3-31. Схема и конструкция катушек трехлампового батарейного приемника.

Когда громкоговорящий прием не нужен, радиопередачу можно слушать на телефонные трубки, включив их в гнезда *Тлф*$_2$. В этом случае лампу *Л*$_3$ нужно вынуть, благодаря чему потребление энергии от батарей уменьшается вдвое.

Детали. Контурные катушки L_1, L_2, L_2, L_4 намотаны на бумажных каркасах. Каждая катушка состоит из трех секций. Катушки L_1 и L_3 имеют по 3 × 45 витков ПЭЛ 0,38, а катушки L_2 и L_4 — по 3 × 150 витков ПЭЛ 0,25. Дроссель *Др* намотан на таком же каркасе и содержит 400 витков ПЭЛ 0,15.

Выходной трансформатор *Тр*: сердечник Ш16 × 16. Обмотка *I* — 3 500 витков ПЭЛ 0,1, обмотка *II* — 80 витков ПЭЛ 0,51.

Громкоговоритель 1ГД-1. Сопротивление его звуковой катушки 2,8 *ом*.

Электропитание. Для питания цепи накала можно использовать два включенных параллельно элемента 1,3 НВМЦ-250 или щелочной аккумуляторный элемент. Анодные цепи можно питать от батареи 102-АМЦ-у-1,0. Ток, потребляемый накальной и анодной цепями от таких батарей, составляет соответственно 240 и 6,5 *ма*. При напряжении анодной батареи 60 *в* анодный ток равен 5 *ма*.

3-14. САМОДЕЛЬНЫЕ ЛАМПОВЫЕ СЕТЕВЫЕ ПРИЕМНИКИ

Одноламповый приемник (рис. 3-32)

Схема. Приемник имеет фиксированные настройки на три радиостанции центрального вещания, работающие на волнах 1 734, 574 и 344 *м*, и работает на лампе 6Н1П. Приемник обеспечивает громкоговорящий прием на расстоянии не более чем на 200—300 *км* от радиовещательной станции.

Левый по схеме триод лампы включен по схеме сеточного детектора с постоянной положительной обратной связью. Правый триод работает в каскаде усиления НЧ. При помощи переключателя *П*$_1$ к сетке левого триода можно поочередно подключать контуры L_1C_2, L_3C_3 и L_5C_4, настроенные соответственно на волны 1 734, 574 и 344 *м*.

Из анодной цепи лампы при помощи катушек L_2, L_4, L_6 в сеточную цепь подается положительная обратная связь, величина которой постоянна и подбирается при налаживании приемника перемещением катушек обратной связи относительно катушек резонансного контура. Регулирование громкости производится потенциометром R_4.

Питается приемник от сети переменного тока напряжением 127 или 220 *в*. Выпрямитель однополупериодный с селеновым столбиком из шайб АВС-18 или АВС-15.

Чувствительность приемника не очень велика, поэтому необходимо иметь хорошую комнатную или наружную антенну.

Детали. Катушки приемника намотаны на каркасах, склеенных из бумаги. Катушка L_1 содержит 500 витков, катушка L_3 — 270 витков, а катушка L_5 — 220 витков провода ПЭЛ 0,15. Катушки L_2, L_4 и L_6 наматываются проводом ПЭЛ 0,1 и содержат 80, 45 и 30 витков соответственно. Изменение индуктивности катушек производится сердечниками СЦР-7 (диаметр 9 *мм* и длина 10 *мм*).

Дроссель ВЧ *Др*$_1$ выполняется на таком же каркасе, что и катушки, и содержит 4 × 300 витков провода ПЭЛ 0,15. Он заключен в цилиндрический металлический экран диаметром 25—30 *мм*.

Выходной трансформатор $Тр_1$: сердечник Ш16 × 24; обмотка *I* — 3 000 витков ПЭЛ 0,15, обмотка *II*—70 витков ПЭЛ 0,72 (при громкоговорителе 1ГД-9).

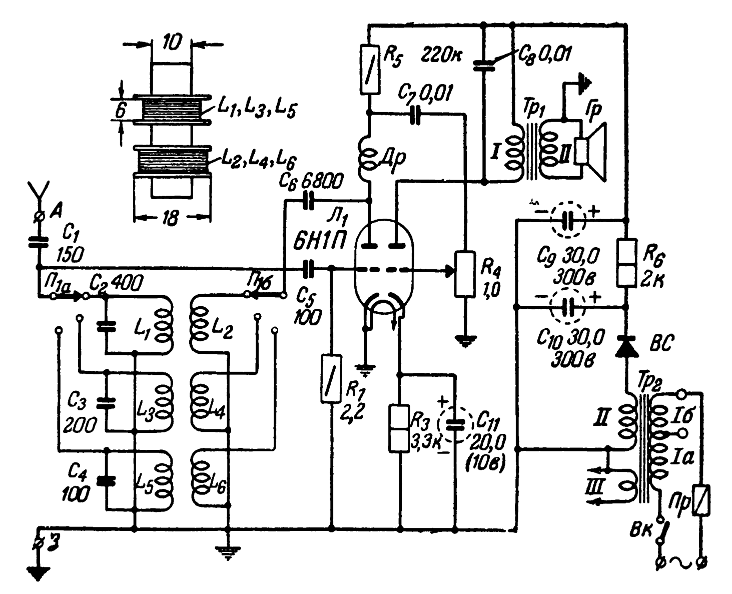


Рис. 3-32. Схема и конструкция катушек однолампового сетевого приемника

Силовой трансформатор $Тр_2$: сердечник Ш24 × 30; обмотка *Iа* — 700 витков ПЭЛ 0,2; обмотка *Iб*—520 витков ПЭЛ 0,18; обмотка *II*—1 400 витков ПЭЛ 0,15; обмотка *III* — 40 витков ПЭЛ 0,8.

Двухламповый приемник (рис. 3-33)

Приемник собран на лампах 6Ж1П (сеточный детектор) и 6П14П (усилитель НЧ) и рассчитан на прием радиостанций, работающих в диапазонах 200—500 и 750—2 000 *м*.

Катушка L_1 содержит 130 витков ПЭШО 0,15, намотанных вплотную в один слой. Катушка L_2 имеет 250 витков ПЭШО 0,15, намотанных внавал. Катушка обратной связи L_3 — 85 витков такого же провода; наматывается внавал на бумажное кольцо шириной 8 *мм*, перемещающееся вдоль общего каркаса.

Дроссель ВЧ $Др_1$ наматывается на каркасе, выточенном из гетинакса, органического стекла или сухого дерева. В последнем случае его необходимо пропитать парафином. Каркас дросселя можно также склеить из бумаги и картона. Точное соблюдение размеров каркаса необязательно. Намотка дросселя производится проводом ПЭЛ 0,1 внавал, до полного заполнения всех секций. Выводы концов следует делать из гибкого тонкого изолированного провода.

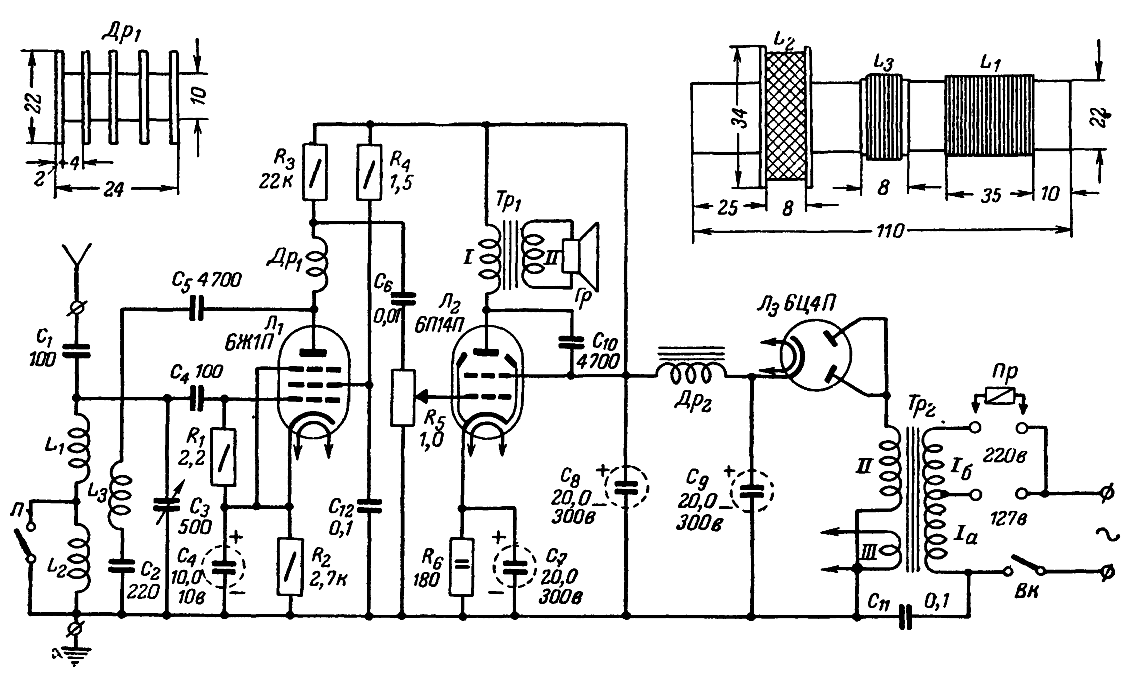


Рис. 3-33. Схема и конструкция катушек и высокочастотного дросселя двухлампового сетевого приемника.

Выходной трансформатор $Тр_1$ — от приемника «Рекорд» (рассчитан на громкоговоритель 1ГДМ-1,5 с сопротивлением звуковой катушки 3 *ом*) или самодельный по следующим данным: сердечник Ш16 × 20; обмотка *I* — 2 800 витков ПЭЛ 0,12, обмотка *II* — 66 витков ПЭЛ 0,51.

Силовой трансформатор $Тр_2$: сердечник Ш20 × 30; обмотка *Iа*—1 250 витков ПЭЛ 0,14; обмотка *Iб*—950 витков того же провода; обмотка *II*—2 800 витков ПЭЛ 0,15; обмотка *III*—72 витка ПЭЛ 1,0. Сначала рекомендуется наматывать обмотку *I*, затем обмотку *III*, а сверху обмотку *II*. При этом обмотка *III* (накальная) будет служить статическим экраном между двумя другими обмотками, так как она соединена с шасси приемника.

Трехламповый приемник прямого усиления (рис. 3-34)

Схема. Приемник содержит каскад усиления ВЧ с лампой 6Ж3П анодный детектор с лампой 6Ж3П и каскад усиления НЧ с лампой 6П14П. Первый и второй каскады охвачены положительной обратной связью; величина ее регулируется потенциометром R_2.

Приемник позволяет принимать радиостанции в диапазонах 2 000—700 *м* и 600—190 *м*. Чувствительность приемника не хуже 150 *мкв* на обоих диапазонах.

Детали. Катушки L_1 и L_2 имеют по 100 витков провода ЛЭШО 15× ×0,07 (их индуктивность без сердечника 200 *мкгн*); катушки L_3 и L_4 имеют по 350 витков провода ПЭЛ 0,2 (их индуктивность без сердечника 1 500 *мкгн*).

Автотрансформатор: сердечник Ш20×30; обмотка *Iа*—624 витка ПЭЛ 0,35; обмотка *Iб*—96 витков такого же провода; обмотка *Iв* — 600 витков ПЭЛ 0,25; обмотка *II* — 40 витков ПЭЛ 0,64.

Дроссель фильтра: сердечник Ш16×16; зазор 0,1 *мм*; обмотка дросселя — 3 000 витков провода ПЭЛ 0,2.

Выходной трансформатор: сердечник Ш16 × 16; зазор 0,1 *мм*; обмотка *I* — 2 000 витков ПЭЛ 0,15; обмотка *II*—56 витков ПЭЛ 0,64 (для громкоговорителя с сопротивлением звуковой катушки 5,5 *ом*).

Трехламповый супергетеродин (рис. 3-35)

Приемник рассчитан на прием радиовещательных станций, работающих на диапазонах длинных, средних и коротких волн. Чувствительность приемника в диапазонах ДВ и СВ не хуже 300 *мкв* и в диапазоне КВ не хуже 500 *мкв*. Выходная мощность приемника 0,5 *вт*; чувствительность с гнезд звукоснимателя 0,12 *в*; промежуточная частота 465 *кгц*.

Схема. Приемник содержит преобразователь с лампой 6И1П, усилитель ПЧ на гептодной части лампы 6И1П, диодный детектор на полупроводниковом диоде типа Д2Е и два каскада усиления НЧ с триодной частью лампы 6И1П и лампой 6П14П.

Детали. Моточные данные катушек приведены в табл. 3-12.

Силовой трансформатор: сердечник Ш19×28; обмотка *I*—800 витков ПЭЛ 0,2; обмотка *II*—920 витков ПЭЛ 0,25; обмотка *III*—900 витков ПЭЛ 0,16; обмотка *IV*—59 витков ПЭЛ 0,81.

Выходной трансформатор. Сердечник Ш12×18, зазор 0,1 *мм*; обмотка *I*—2 000 витков ПЭЛ 0,1; обмотка *II*—84 витка ПЭЛ 0,51 (для громкоговорителя 1ГД-9).

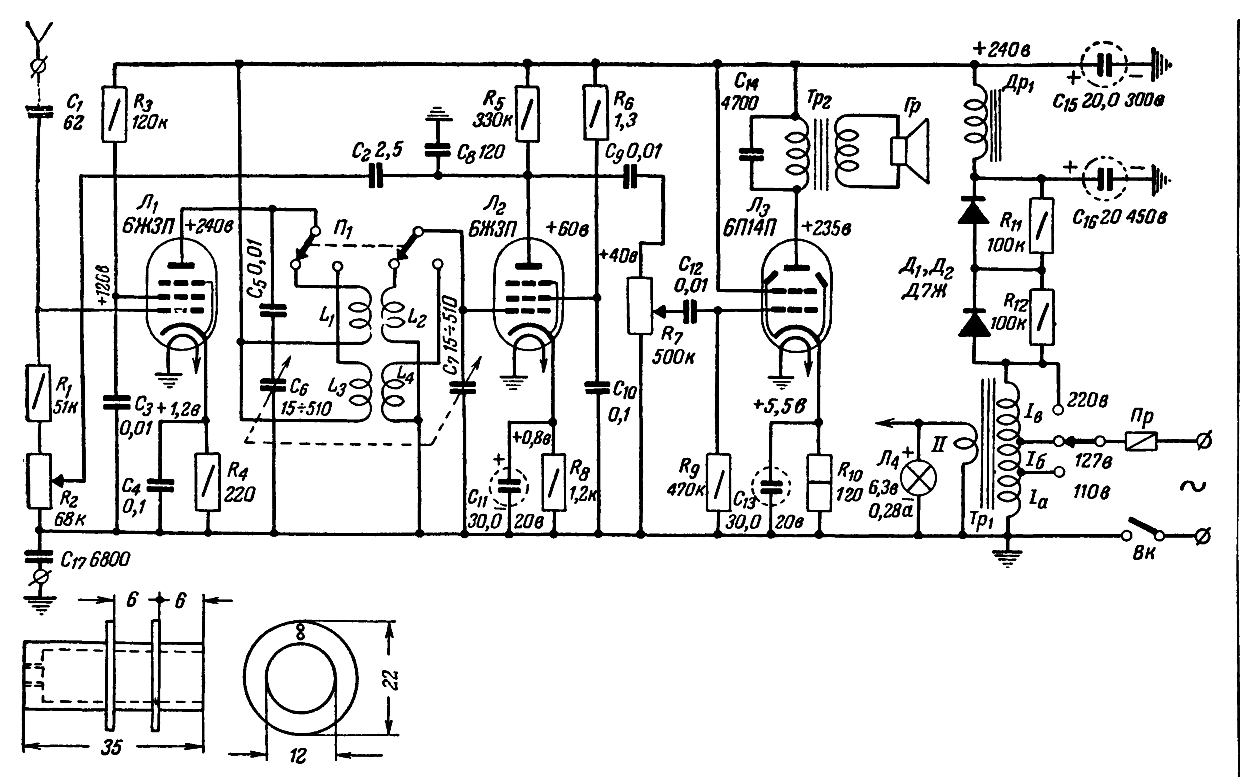


Рис. 3-34. Схема и конструкция каркаса для катушек трехлампового сетевого приемника прямого усиления

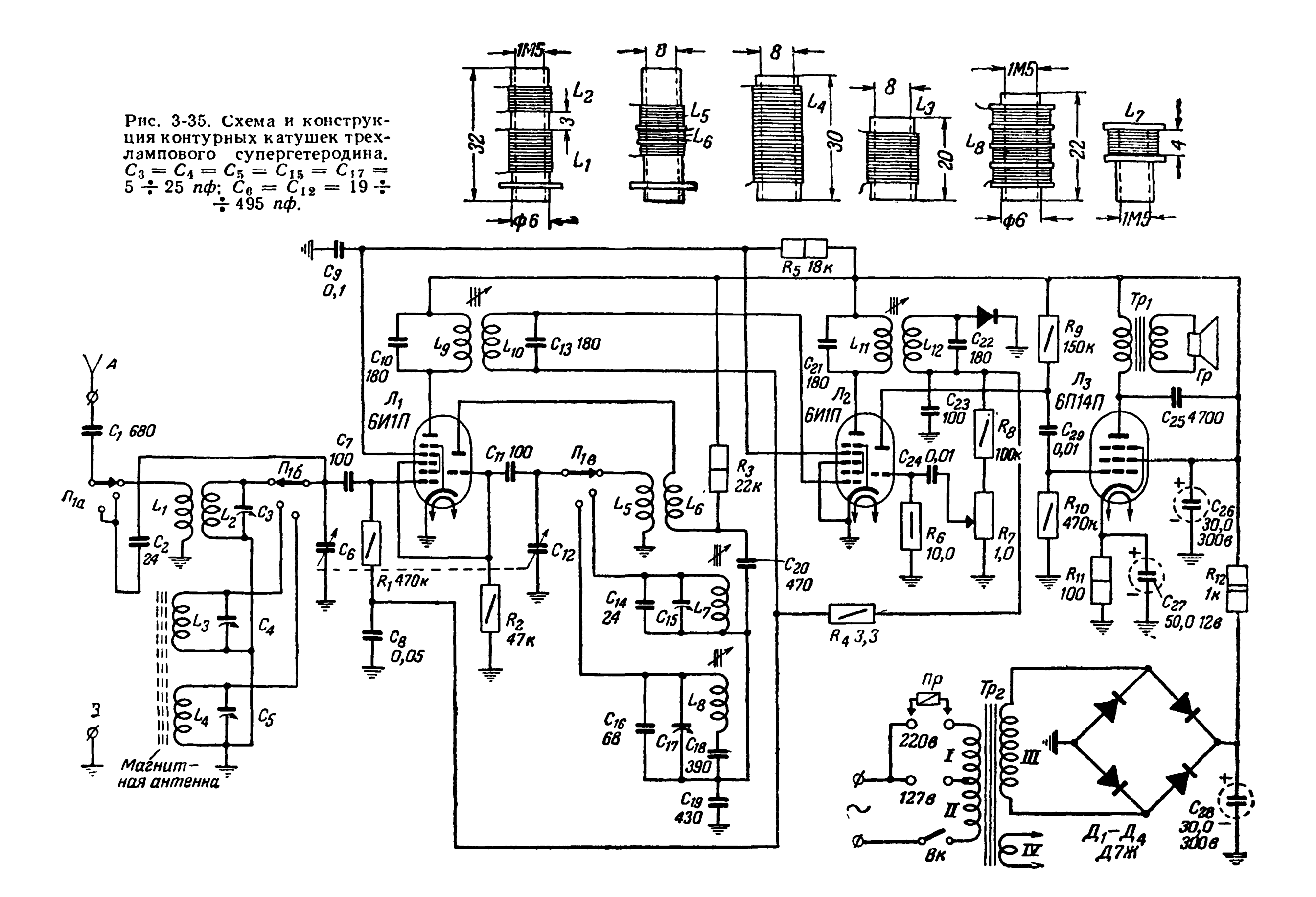


Рис. 3-35. Схема и конструкция контурных катушек трехлампового супергетеродина. $C_3 = C_4 = C_5 = C_{15} = C_{17} = 5 \div 25$ *пф*; $C_6 = C_{12} = 19 \div 495$ *пф*.

Таблица 3-11

Данные катушек трехлампового супергетеродина по схеме рис. 3-35

Катушка	Диапазон волн	Число витков	Марка и диаметр провода, *мм*	Тип намотки	Марка материала сердечника	Диаметр и длина сердечника, *мм*
L_1	КВ	32	ПЭЛШО 0,12	Однослойная с шагом 0,5 *мм*	Ф-100	2,8 × 12
L_2	КВ	14	ПЭЛШО 0,12	То же		
L_3	СВ	65	ПЭВ 0,02	Однослойная рядовая	Ф-600	8 × 160
L_4	ДВ	205	ПЭВ 0,12	» »		
L_5	КВ	13	ПЭЛШО 0,25	Однослойная с шагом 0,5 *мм*	Ф-100	2,8 × 12
L_6	КВ	12	ПЭЛШО 0,12	Однослойная		
L_7	СВ	4 × 28	ПЭВ 0,1	Внавал	Ф-600	2,8 × 12
L_8	ДВ	4 × 55	ПЭВ 0,1	»	Ф-600	2,8 × 12

3-15. САМОДЕЛЬНЫЕ ПРИЕМНИКИ НА ТРАНЗИСТОРАХ

Приемник на двух транзисторах (рис. 3-36)

Приемник обеспечивает прием местной радиостанции на телефоны. Его детекторный каскад может работать на любом точечном диоде, например ДГ-Ц1 или Д2А, а двухкаскадный усилитель НЧ — на транзисторах П13А, П14, П1А — П1Д, П5А — П5Д или П6А — П6Д.

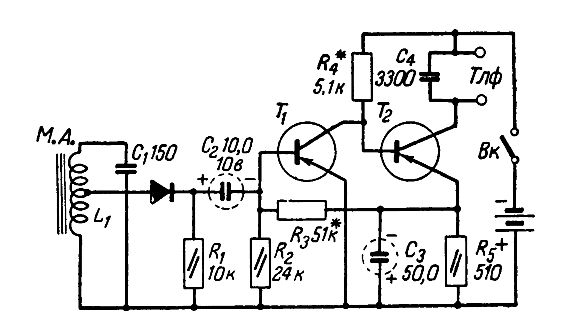


Рис. 3-36. Схема приемника на двух транзисторах.

Катушка L_1 наматывается на ферритовом стержне Ф-600 диаметром 8 *мм* и длиной 110 *мм*. Число ее витков зависит от частоты принимаемой станции; для приема первой программы центрального вещания (длина волны 1 734 *м*) катушка имеет 300 витков ПЭЛ 0,15, намотанных виток к витку; отвод для подключения детектора сделан от 60-го витка, считая от заземленного вывода катушки.

Питание приемника производится от трех включенных последовательно батареек ФБС-0,25.

Походный приемник на пяти транзисторах (рис. 3-37)

Приемник собран по схеме прямого усиления 2-V-3 на пяти транзисторах и работает в диапазонах ДВ (переключатель $П_1$ в верхнем по схеме положении) и СВ (переключатель $П_1$ в нижнем по схеме положении). Прием производится на внутреннюю магнитную антенну. Питание приемника осуществляется от трех гальванических элементов ФБС-0,25. При ежедневной работе по 2—3 *ч* энергии их хватает на 1—2 мес.

Катушки L_1, L_2 и L_3 наматывают на стержне диаметром 8 *мм* и длиной 80 *мм* из феррита марки Ф-600. Катушки L_1 и L_2 имеют по 130 витков каждая, а катушка L_3 —5 витков; все катушки выполняются проводом ПЭШО 0,12 или ПЭЛ.

Катушки L_4, L_5 и L_6, L_7 размещены в броневых карбонильных сердечниках типа СБ-1а и содержат: L_4 — 300 витков; L_5 — 60 витков; L_6— 300 витков и L_7 — 120 витков провода ПЭЛ 0,1. Вместо горшкообразных сердечников можно использовать кольцевые сердечники с наружным диа-

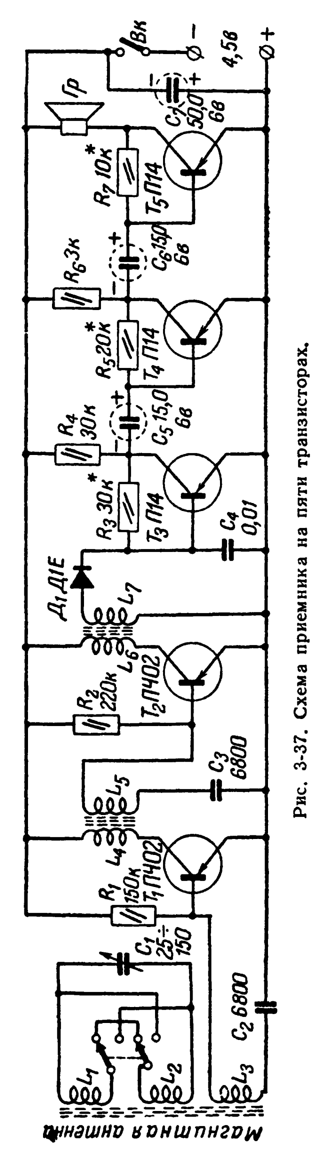


Рис. 3-37. Схема приемника на пяти транзисторах.

метром 7 *мм* из феррита марки Ф-2000. В этом случае катушки выполняются проводом ПЭЛ 0,1 и содержат: L_4 — 100 витков; L_5 — 15 витков; L_6 — 100 витков и L_7 — 40 витков.

В качестве громкоговорителя приемника используется микрофонный капсюль типа ДЭМШ с самодельным диффузором; можно использовать микрофонный капсюль ДЭМ-4 или ДЭМ-4М. Вместо транзисторов П402 можно применить транзисторы П6Г, П15, П16, П401 или П403. Транзисторы П14 можно заменить транзисторами П13А или П13Б.

3-16. НАЛАЖИВАНИЕ ЛАМПОВЫХ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Перед налаживанием приемника следует осмотреть его монтаж и сверить правильность соединений по принципиальной или монтажной схеме. Убедившись в том, что монтаж выполнен в соответствии со схемой, можно включить питание приемника. Налаживание начинают с проверки выпрямителя (или батарей), затем приступают к налаживанию усилителя НЧ, детектора и т. д., постепенно передвигаясь ко входу приемника.

Проверка режимов ламп

Проверка режимов ламп обычно сводится к измерению постоянных напряжений на их электродах (рис. 3-38). Такая проверка позволяет быстро определить неисправность радиодеталей и самих ламп.

Режимы работы ламп исправного приемника (усилителя) указывают на принципиальной схеме приемника, на карте напряжений (рис. 3-40) или в описании приемника. В описаниях радиоаппаратуры заводского изготовления обычно указывают режимы, измеренные вольтметром, имеющим входное сопротивление 5 000 *ом* на вольт. Измерения режимов в любительских условиях производятся вольтметром с входным сопротивлением не менее 5 000—10 000 *ом* на вольт. Желательно применение лампового вольтметра.

Прежде всего измеряют напряжение смещения на управляющей сетке лампы, так как от него зависит режим остальных электродов лампы. Установив правильное напряжение смещения подбором сопротивления (или сопротивлений), определяющего это напряжение, измеряют напряжение на экранирующей сетке лампы. Величина его устанавливается подбором гасящего сопротивления или изменением одного из сопротивлений делителя, если напряжение на сетку подается через делитель.

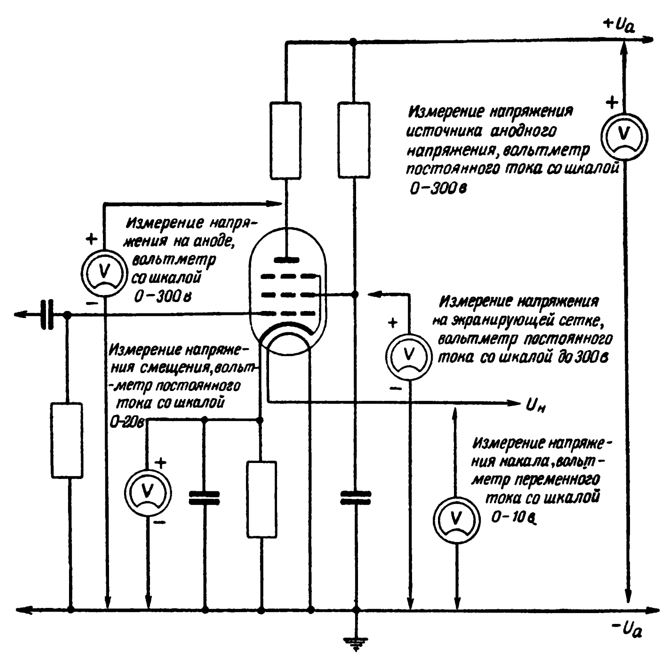


Рис. 3-38. Схема подключения вольтметра для измерения постоянных напряжений на различных электродах электронной лампы.

После этого измеряют напряжение на аноде лампы. Обычно не встречается необходимости в подборе этого напряжения в процессе налаживания приемника.

Режим лампы можно считать нормальным, если напряжение на ее управляющей сетке отличается от рекомендованного не более чем на ±5÷10% и на остальных электродах не более чем на ±10÷25%.

При проверке режима ламп преобразователя частоты следует помнить, что в описании указывают режим при работающем гетеродине. При отсутствии генерации гетеродина режим его ламп может значительно отличаться от указанного в описании.

Налаживание приемника прямого усиления производится в указанном ниже порядке. При отыскании неисправностей следует руководствоваться табл. 3-12.

Таблица 3-12

Порядок нахождения неисправностей в радиоприемниках

Порядок проверки	Способ обнаружения и устранения неисправностей
1. Тщательный осмотр монтажа и внешнего состояния деталей	Находят видимые на глаз повреждения паек и монтажа, обрывы проводников и короткие замыкания, проверяют механическую прочность паек
Проверка качества паек, заземления экранов, исправности ламповых панелек и т. д.	Находят и заменяют неисправные (почерневшие, закопченные и лопнувшие) сопротивления, конденсаторы с вытекшей изоляционной массой и т. д.
2. Проверка исправности электронных ламп приемника	Касанием руки проверяют нагрев ламп: у лампы с неисправной нитью накала баллон совершенно холодный. Исправность нити накала можно проверить пробником. Если нити накала всех ламп целы, пробником проверяют отсутствие коротких замыканий между электродами
3. Проверка режимов работы ламп (транзисторов)	С помощью вольтметра сверяется соответствие режимов работы ламп (транзисторов) приемника с режимами, указанными на принципиальной схеме или карте напряжений приемника. Несоответствие напряжений на электродах ламп (транзисторов) укажет на неисправность деталей в цепи данного электрода
4. Проверка отдельных цепей внутри неисправного каскада	Отыскание возможных неисправностей в основных деталях цепи: а) в конденсаторах — замыкание, наличие утечки или обрыв; б) в сопротивлениях — обрыв или значительное отклонение от номинала; в) в катушках, дросселях и трансформаторах — обрыв или замыкание между обмотками

Продолжение табл. 3-12

Порядок проверки	Способ обнаружения и устранения неисправностей
5. Проверка настройки приемника и устранение фона переменного тока и свиста (самовозбуждения)	Проверка настройки и подстройка (если это необходимо) контуров промежуточной частоты, сопряжения входных и гетеродинных контуров и проверка границ диапазонов в супергетеродинных приемниках. Проверка настройки контуров детектора и усилителя ВЧ в приемнике прямого усиления Тщательный подбор режима работы ламп, экранирование деталей и отдельных цепей. Проверка регуляторов громкости и тембра.

Испытание выпрямителя сетевого приемника

С помощью вольтметра постоянного напряжения с пределом до 250—300 *в* измеряют напряжение между шасси приемника и положительным полюсом конденсатора сглаживающего фильтра, с которого снимается напряжение для анодных цепей приемника. Переменное напряжение накала ламп можно измерить вольтметром переменного напряжения с пределом 10 *в*.

В батарейном приемнике измерять напряжения батарей следует при подключенном приемнике.

Налаживание усилителя НЧ

Проверка исправности усилителя. Исправность усилителя НЧ с питанием от электросети можно проверить следующим образом. Каким-либо металлическим предметом нужно прикоснуться поочередно к выводам управляющих сеток ламп оконечного каскада и каскадов предварительного усиления. Регулятор громкости при этом должен стоять в положении, соответствующем максимальной громкости. Если усилитель исправен, то в громкоговорителе появится фон переменного тока.

Качество работы усилителя НЧ приемника лучше всего проверить с помощью звукоснимателя. При этом следует применять новые грампластинки. При воспроизведении грамзаписи проверяют на слух действие регулятора громкости. Громкость воспроизведения при исправном регуляторе громкости должна плавно изменяться от максимальной до нуля. Если при вращении ручки регулятора громкости в громкоговорителе слышны трески и шорохи, то потенциометр регулятора громкости следует заменить.

Подбор элементов шунта выходного трансформатора. Если громкоговоритель «басит», следует уменьшить емкость конденсатора или увеличить величину сопротивления, включенных параллельно первичной обмотке выходного трансформатора; если же тембр передачи слишком высок, нужно увеличить емкость или уменьшить величину сопротивле-

ния. При наличии регулятора тембра подбор указанных конденсатора и сопротивления следует производить при установке ручки регулятора тембра в среднее положение. Указанные операции рекомендуется производить при установке ручки регулятора громкости в положение, соответствующее средней громкости воспроизведения передачи.

Изменение частотной характеристики с помощью регуляторов тембра должно быть плавным и хорошо заметным на слух. При крайних положениях регуляторов тембра и максимальной громкости в громкоговорителе не должно быть фона и свиста.

Устранение фона. Сильный фон переменного тока в громкоговорителе свидетельствует о наличии неисправных деталей, неудачного монтажа или плохого сглаживания пульсаций фильтром выпрямителя. Необходимо сначала выяснить причину появления фона. Если при соединении с шасси управляющей сетки лампы оконечного каскада фон не пропадает, то причиной его является недостаточная фильтрация выпрямленного напряжения. Ее можно улучшить путем увеличения емкости электролитических конденсаторов фильтра выпрямителя.

Если при замыкании на шасси сетки лампы оконечного каскада фон пропадает или значительно ослабляется, то следует заэкранировать проводники в сеточных цепях ламп усилителя. Если это не помогает, то в анодные цепи ламп каскадов предварительного усиления следует включить развязывающие фильтры, состоящие из сопротивлений 4,7—22 *ком* и конденсаторов емкостью по 5—10 *мкф*.

Причинами свиста (паразитной генерации — самовозбуждения) могут быть неисправные детали в цепях регулятора тембра, неудачное расположение каскадов усилителя, неисправность развязывающих цепочек в анодных цепях или отсутствие соединения с шасси экранирующих оболочек цепей управляющих сеток ламп.

Подбор элементов цепи отрицательной обратной связи. При налаживании усилителя НЧ с обратной связью в радиолюбительских условиях приходится опытным путем подбирать величины сопротивлений и емкости конденсаторов в ее цепи, добиваясь такого положения, при котором получаются возможно меньшие нелинейные и частотные искажения и в то же время не очень уменьшается усиление.

Если обратная связь дает не уменьшение, а увеличение усиления или при включении цепи обратной связи возникает свист или гул в громкоговорителе, значит, получается не отрицательная, а положительная обратная связь. При этом включение проводов цепи обратной связи на вторичную обмотку выходного трансформатора нужно изменить на обратное. Однако и при правильном включении цепи обратной связи на трансформатор может возникнуть свист в громкоговорителе. Для устранения этого явления нужно увеличить сопротивление R_0 (рис. 3-26).

Если тембр передачи получается чрезмерно высоким, нужно попробовать включить параллельно этому сопротивлению конденсатор. Он увеличивает коэффициент обратной связи на верхних частотах полосы пропускания и тем самым снижает усиление этих частот. Емкость его нужно подобрать практически в пределах нескольких тысяч или десятков тысяч пикофарад.

Включение конденсатора последовательно с сопротивлением R_0 уменьшает коэффициент обратной связи на нижних частотах полосы пропускания, что приводит к увеличению усиления этих частот. Следовательно, включая конденсаторы в цепь обратной связи, можно изменять частотную характеристику усилителя НЧ.

Налаживание детектора и каскадов усиления ВЧ лампового приемника прямого усиления

Детектор. Налаживание детектора сводится к проверке его работоспособности и регулировке положительной обратной связи (если она имеется). К резонансному контуру детектора через конденсатор емкостью 33—100 *пф* подключают антенну (лучше наружную). Если при вращении ручки настройки приемника будет принята какая-либо радиостанция, то детектор работает. Затем с помощью регулятора обратной связи проверяют действие обратной связи во всех точках каждого диапазона. Генерация, о чем можно судить по появлению свиста в громкоговорителе, должна плавно возникать и срываться. Если же генерация не срывается при всех положениях регулятора обратной связи, нужно уменьшить число витков катушки обратной связи или уменьшить связь между контурной катушкой и катушкой обратной связи. Если генерация не возникает, следует переключить концы витков катушки обратной связи или увеличить число ее витков.

Усилитель ВЧ. Налаживание усилителя ВЧ сводится к проверке его работоспособности и настройке резонансных контуров. Приемник настраивают на какую-либо радиостанцию, а затем переключают антенну к управляющей сетке лампы усилителя ВЧ.

Настройку контуров лучше всего производить с помощью генератора ВЧ, но можно их настроить и по принимаемым радиостанциям, пользуясь заводским радиоприемником.

Настройку начинают с резонансного контура детекторного каскада. К этому контуру через конденсатор емкостью 10—33 *пф* подключают антенну. Если каскад усиления ВЧ отсутствует, то антенну включают в гнездо «Антенна» приемника. При использовании в резонансных контурах для каждого диапазона отдельных катушек индуктивности безразлично, с какого диапазона начинать настройку. Если же катушка диапазона СВ является частью катушки диапазона ДВ, то настройку следует начинать с диапазона СВ.

Сначала следует установить границы диапазона. За начало диапазона и начало шкалы приемника принимают наименьшую длину волны (максимальную частоту), на которую может быть настроен приемник в данном диапазоне. Для этого настраивают оба приемника на какую-либо радиостанцию, работающую в начале диапазона, длина волны которой известна. Изменяя в налаживаемом приемнике емкость подстроечного конденсатора, включенного параллельно контурной катушке, добиваются, чтобы положение указателя его шкалы при максимальной громкости принимаемой радиостанции соответствовало примерно такому же положению указателя на шкале заводского приемника.

После этого оба приемника настраивают на какую-либо другую радиостанцию в конце диапазона. Если максимальная громкость приема радиостанции на настраиваемом приемнике получается при положении указателя ближе к концу шкалы, то индуктивность контурной катушки следует увеличить, и наоборот. Для увеличения индуктивности катушки необходимо или более глубоко ввернуть в нее магнитный сердечник, или увеличить число витков катушки. Для уменьшения индуктивности катушки надо вывернуть сердечник или отмотать примерно $^1/_{10}$ часть витков катушки. Указанные операции следует повторять 3—4 раза до тех пор, пока обе станции не будут приниматься при одинаковом положении

стрелки на шкале. Установив границы диапазона, следует переключить антенну в гнездо «Антенна» приемника. Настраивая приемник на те же радиостанции, изменением емкости подстроечного конденсатора входного контура в начале диапазона и индуктивности катушки входного контура в конце диапазона добиваются наибольшей громкости приема обеих станций. При этом конденсаторы переменной емкости устанавливают в те же положения, в которых производилась настройка детекторного каскада.

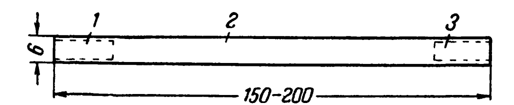


Рис. 3-39. Устройство испытательной палочки.
1 — медный или латунный сердечник; 2 — изоляционный материал; 3 — карбонильный, магнетитовый или ферритовый сердечник.

Аналогично настраивают контуры на других диапазонах. При настройке контуров регулятор громкости устанавливают так, чтобы станция была слышна с малой громкостью; это позволит настроить контуры более точно. Настройку следует производить в вечернее время, когда условия приема станций наиболее благоприятны.

Если катушки резонансных контуров приемника не имеют подстроечных сердечников, то ускорить настройку можно с помощью испытательной палочки (рис. 3-39). Если в катушку ввести магнитный сердечник и при этом громкость приема увеличится, то число витков катушки следует увеличить. Если громкость приема возрастает при введении медного сердечника, то число витков катушки следует уменьшить. Если контур настроен точно, то громкость уменьшается при введении как медного, так и магнитного сердечника.

Налаживание супергетеродина

Супергетеродинный приемник налаживать можно также по принимаемым радиостанциям. Проверка выпрямителя и налаживание усилителя НЧ описаны выше. Налаживание высокочастотной части супергетеродина производят в следующей последовательности.

Проверка гетеродина. Проверяют наличие генерации гетеродина. К аноду гетеродина (правому по схеме аноду триода для схем рис. 3-12, *а* и *б*) подключают вольтметр постоянного напряжения. Если при замыкании пластин гетеродинной секции блока конденсаторов переменной емкости вольтметр покажет уменьшение анодного напряжения, значит, гетеродин генерирует. Если гетеродин выполнен по схеме с индуктивной обратной связью, то при отсутствии генерации следует поменять местами концы катушки обратной связи. Если и при этом генерация не возникнет, нужно увеличить число витков катушки обратной связи.

В транзитронных гетеродинах генерация может отсутствовать из-за отклонения величин сопротивлений и емкостей конденсаторов от рекомендованных.

Если прием радиостанции по всему диапазону сопровождается сильным шумом и свистом, следует подобрать величину сопротивления и ем-

кость конденсатора в цепи сетки гетеродина или уменьшить число витков катушки обратной связи данного диапазона.

Настройка усилителя ПЧ. Перед настройкой фильтров ПЧ и входных контуров приемника следует выключить систему АРУ, отпаяв, например, конденсатор, через который подается напряжение ПЧ на анод детектора АРУ. К приемнику подключают антенну и настраивают его на какую-либо радиостанцию. Обычно легче всего удается принять радиостанцию в диапазоне КВ. Вращением сердечников фильтров ПЧ добиваются максимальной громкости или максимального сужения теневого сектора на экране лампы электронно-оптического индикатора настройки (6Е1П или 6Е5С). Настройку следует начинать с контура детектора и, последовательно переходя от одного контура к другому, настроить все фильтры.

Настройка контуров гетеродина. Сначала устанавливают границы диапазонов. Антенну подключают к сетке лампы преобразователя частоты через конденсатор емкостью 100—220 *пф*. Настройку можно начинать с любого диапазона, например ДВ. Установив стрелку указателя настройки приемника на деление, отстоящее примерно на $^1/_6$—$^1/_8$ часть шкалы от ее начала, при помощи подстроечного конденсатора контура гетеродина настраивают приемник на какую-либо радиостанцию, работающую на волне длиной 750—800 *м*. Затем стрелку переводят на деление, отстоящее на $^1/_6$—$^1/_8$ часть шкалы от ее конца, и изменением индуктивности контурной катушки гетеродина настраивают приемник на радиостанцию, работающую на волне 1700—1900 *м*. Поскольку изменение индуктивности контурной катушки изменяет настройку в начале диапазона, то подобные операции производят несколько раз как в начале, так и в конце диапазона. При этом необходимо, чтобы принимаемые радиостанции были слышны все время на одних и тех же делениях шкалы.

Настройка гетеродина на других диапазонах производится аналогичным образом.

Сопряжение входных и гетеродинных контуров. После того как настройка контуров гетеродина закончена, производят сопряжение их со входными контурами. Антенну переключают в гнездо «Антенна» приемника. Настроившись на радиостанцию, работающую в начале диапазона (ту же, что и при настройке контура гетеродина), с помощью подстроечного конденсатора входного контура добиваются максимальной громкости ее приема или максимального уменьшения теневого сектора на экране лампы электронно-оптического индикатора настройки (6Е1П или 6Е5С). Сопряжение в конце диапазона производят изменением индуктивности катушки входного контура. Регулятор громкости при этом должен стоять в положении, при котором радиостанции слышны с очень малой громкостью.

3-17. НАЛАЖИВАНИЕ ТРАНЗИСТОРНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Ниже указаны особенности налаживания приемников на транзисторах. В остальном при налаживании их следует руководствоваться указаниями § 3-16.

Требования к источникам питания. Питать приемники следует от батарей (или других источников тока) с малым внутренним сопротивлением. Желательно применять свежие батареи для карманного фонаря или элементы стаканчикового типа. Галетные батареи особенно малой емкости обычно имеют более высокое внутреннее сопротивление, и применять их

не рекомендуется. Перед налаживанием приемника следует убедиться, что батареи обеспечивают необходимое для него напряжение под нагрузкой.

Перед монтажом транзисторов следует убедиться в их исправности с помощью прибора, описанного в § 9-10, или авометра ТТ-1 или Ц-20. Переключатель рода работ авометра ставится в положение «Ω», а переключатель пределов измерений в положение «× 1000». Щупы авометра подключают к эмиттеру и коллектору испытуемого транзистора, причем щуп с обозначением «общий» при транзисторах типа *p-n-p* необходимо обязательно подключать к коллектору, оставляя вывод базы свободным. При транзисторах типа *n-p-n* полярность включения щупов будет обратной. Если транзистор исправен, то омметр будет показывать сопротивление 20—200 *ком*. Подобное испытание позволяет отбраковать транзисторы, ток коллектора которых самопроизвольно увеличивается со временем (стрелка омметра может доходить почти до нулевого деления). При использовании транзисторов с таким дефектом в детекторном каскаде или каскаде предварительного усиления НЧ они могут быть причиной возникновения сильного шума в громкоговорителе.

Если включить между выводами коллектора и базы транзистора постоянное сопротивление 100 *ком*, то при исправном транзисторе омметр должен показать 5—10 *ком*. Чем меньше показания омметра, тем больше β транзистора. При неисправном транзисторе показания омметра остаются прежними.

Проверка режимов транзисторов

Режим транзистора определяется величиной тока базы и напряжением на коллекторе. Обычно в описаниях приемников называют величину тока коллектора и напряжение на коллекторе каждого транзистора. Измерить их величины можно при помощи приборов ТТ-1, Ц-20 или самодельного авометра.

Налаживание приемника с транзисторами начинают с подбора сопротивлений, от которых зависит ток базы и ток коллектора каждого каскада, т. е. от сопротивлений, включенных между выводами баз и отрицательным (положительным для транзисторов типа *n-p-n*) полюсом источника питания или выводом коллектора.

Величины токов коллекторов, при которых получается наибольшее усиление, указаны в описаниях схем различных каскадов на транзисторах.

Напряжения на коллекторах транзисторов должны быть примерно такими: для каскадов усилителя ВЧ и ПЧ с последовательным включением контура, для предоконечных каскадов усилителя НЧ с трансформаторной связью и оконечных каскадов — равны напряжению источника питания (падение напряжения на сопротивлении катушки и трансформатора очень незначительно); для каскадов предварительного усилителя НЧ — половине напряжения источника питания.

Налаживание усилителя НЧ

После проверки подгонки режимов транзисторов приступают к налаживанию усилителя НЧ приемника. Сначала проверяется отсутствие самовозбуждения и шумов. В громкоговорителе усилителя на транзисторах свист (самовозбуждение) часто возникает из-за большого внутрен-

него сопротивления источника питания или, если отрицательная обратная связь подается со вторичной обмотки выходного трансформатора, вследствие неправильного включения ее концов. Устранить самовозбуждение можно заменой источника питания на другой с меньшим внутренним сопротивлением или шунтированием источника питания конденсатором емкостью 100—200 *мкф*.

Если в усилителе имеется отрицательная обратная связь, напряжение которой снимается со вторичной обмотки выходного трансформатора, то следует поменять местами выводы какой-либо из обмоток этого трансформатора. Если в громкоговорителе слышно сильное шипение, то следует попробовать заменить транзистор сначала в каскаде предварительного усиления НЧ, а если это не поможет, то в детекторе. Для проверки качества работы усилителя на вход его (до регулятора громкости) подают напряжение от электромагнитного звукоснимателя. Если регулятор громкости в приемнике отсутствует, то напряжение от звукоснимателя следует подать через потенциометр величиной 22—47 *ком*. Между одним выводом звукоснимателя и этим потенциометром надо включить сопротивление 22—47 *ком*. Качество работы усилителя оценивается на слух при воспроизведении грамзаписи. При отсутствии электромагнитного звукоснимателя качество работы усилителя НЧ можно приближенно оценить, настроив приемник на какую-либо радиостанцию. Для этого к приемнику подключают наружную антенну и заземление (даже если приемник имеет внутреннюю магнитную антенну). Однако в этом случае воспроизведение передач может оказаться искаженным за счет высокочастотной части приемника.

Налаживание высокочастотной части приемника

Последовательность настройки резонансных контуров транзисторных приемников такая же, как и для ламповых приемников. Однако настройка осложняется тем, что изменение индуктивности и емкости резонансного контура, включенного в цепь коллектора транзистора каскада усиления ВЧ или ПЧ, влияет на настройку контура, подключенного к его базе, и наоборот.

Указанное явление имеет место потому, что связь между контурами через транзистор значительно больше, чем связь через электронную лампу. Эта связь может быть причиной самовозбуждения каскада усиления ВЧ или ПЧ. Поэтому рекомендуется сначала настроить усилитель, заведомо уменьшив его коэффициент усиления (подключением параллельно резонансным контурам сопротивлений 10—47 *ком*).

В приемнике прямого усиления с двумя резонансными контурами сначала производят настройку в резонанс обоих контуров в начале каждого диапазона с помощью подстроечных конденсаторов контуров. Индикатором настройки может служить вольтметр со шкалой 3—10 *в* или авометр ТТ-1, Ц-20, включенный параллельно сопротивлению нагрузки детектора. После этого производится настройка контуров в конце диапазона подстроечными магнитными сердечниками катушки индуктивности (или подбором числа ее витков).

Часто невозможно добиться хороших результатов при настройке каскадов усиления ВЧ, если в них применены триоды с низкой предельной частотой усиления по току (П1А, П1Б, П6А, П6Б, П13 и т. п.). В этом

случае следует заменить эти транзисторы на транзисторы типа П401, П402 или П403.

Настройка контуров преобразователя частоты и усилителя ПЧ супергетеродина на транзисторах аналогична настройке этих контуров в ламповом приемнике. Смеситель и гетеродин на высокочастотных транзисторах П401—П403 настраивать легче, чем на транзисторах П15.

3-18. КАК НАЙТИ НЕИСПРАВНОСТЬ В ПРИЕМНИКЕ

Нормальная работа радиоприемника может быть нарушена вследствие неисправности лампы, транзистора, диода или какого-либо повреждения монтажа. Как найти неисправную деталь? Бессистемное испытание деталей приемника зачастую бывает безуспешным и занимает много времени. Поэтому проверка его должна производиться в определенном порядке. Сначала надо найти неисправный каскад, затем ту цепь каскада, в которой имеется неисправность, после чего нетрудно найти место самого повреждения.

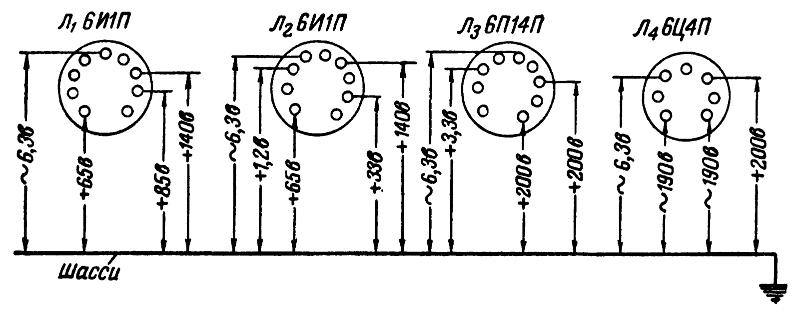


Рис. 3-40. Карта напряжений для радиоприемника «Волна».

Общепринятый порядок нахождения неисправностей в приемнике приведен в табл. 3-12. Наиболее часто встречающиеся неисправности отдельных каскадов приведены в табл. 3-13.

Прежде чем приступить к нахождению неисправности, следует хорошо ознакомиться с принципиальной схемой приемника и расположением его деталей на шасси. Кроме того, нужно выяснить те условия работы приемника, при которых он вышел из строя. Все это значительно ускоряет нахождение неисправного места.

Определение места неисправности существенно облегчается при наличии авометра и генератора сигналов. При отсутствии авометра можно воспользоваться пробником (см. § 9-12).

Нахождение неисправности радиоприемника значительно ускоряется, если на его схеме указан режим работы ламп или имеется карта напряжений. Такие карты обычно имеются в инструкциях или описаниях радиоприемников промышленного изготовления (рис. 3-40). На такой карте указаны нормальные напряжения в вольтах между различными гнездами ламповых панелей при вставленных в них лампах и шасси приемника.

Таблица 3-13

Наиболее часто встречающиеся неисправности радиоприемников

Признаки неисправности	Причины неисправности
Выпрямитель сетевого приемника	
Силовой трансформатор сильно нагревается даже при вынутых лампах. Пониженное напряжение на всех его обмотках	Короткозамкнутые витки в обмотках трансформатора или пробой одной из обмоток на сердечник
Перегорает предохранитель. В кенотроне наблюдается искрение, сопровождающееся сильным голубым свечением. Силовой трансформатор быстро нагревается. В случае выполнения выпрямителя на селеновых столбиках последние сильно нагреваются	Пробой электролитического конденсатора сглаживающего фильтра (как правило, входного конденсатора сглаживающего фильтра)
Прием на всех диапазонах сопровождается фоном переменного тока	Уменьшение емкости электролитических конденсаторов фильтра
Выпрямленное напряжение имеется только на входном конденсаторе сглаживающего фильтра	Обрыв дросселя или сопротивления фильтра
Источники питания батарейных приемников	
Приема нет, напряжение питания значительно занижено, ток питания больше нормы	Короткое замыкание в цепи питания
Прием с пониженной громкостью, напряжение питания занижено, ток, потребляемый от батарей, также занижен	Частичный разряд батарей
Прием на всех диапазонах сопровождается свистом. Напряжение питания занижено	Частичный разряд анодной батареи

Продолжение табл. 3-13

Признаки неисправности	Причины неисправности
Оконечный каскад усилителя НЧ лампового приемника	
Приема нет, на экранирующей сетке лампы нет напряжения	Обрыв сопротивления или пробой конденсатора в цепи экранирующей сеткн
Приема нет, напряжения на аноде лампы и экранирующей сетке имеют нормальную величину	Пробит конденсатор, включенный параллельно первичной обмотке выходного конденсатора
Приема нет, напряжение на аноде лампы равно нулю, напряжение на экранирующей сетке занижено	Пробит блокировочный конденсатор, включенный между анодом лампы и шасси приемника
Приема нет, вольтметр показывает наличие полного анодного напряжения между анодом лампы и шасси приемника	Перегорело сопротивление смещения в цепи катода
Приема нет, экранирующая сетка лампы сильно накаляется (заметно на глаз в стеклянных лампах)	Обрыв первичной обмотки выходного трансформатора
Прием с пониженной громкостью и с искажениями, выходной трансформатор сильно нагревается	Короткое замыкание между витками первичной обмотки выходного трансформатора
Передача сильно искажается, на управляющей сетке лампы положительное напряжение	Пробой или утечка в переходном конденсаторе цепи управляющей сетки лампы оконечного каскада
В громкоговорителе слышен шум, напоминающий шум моторной лодки	Обрыв сопротивления в цепи управляющей сетки лампы (или ламп)
Прием с пониженной громкостью, напряжения на электродах лампы имеют нормальную величину	Уменьшение емкости блокировочного конденсатора, включенного параллельно сопротивлению смещения в цепи катода лампы

Продолжение табл. 3-13

Признаки неисправности	Причины неисправности
Прием временами прекращается полностью, фон переменного тока совсем не прослушивается. Напряжения на электродах ламп имеют нормальную величину	Плохой контакт в цепи вывода звуковой катушки громкоговорителя
Оконечный каскад транзисторного приемника	
Приема нет, напряжение на коллекторе транзистора равно нулю	Пробит блокировочный конденсатор, включенный между коллектором и шасси приемника. При исправном конденсаторе у транзистора пробит переход база — коллектор
Передача сильно искажена, напряжение на коллекторе имеет нормальную величину, напряжение на базе и ток коллектора завышены	Пробит переходной конденсатор
Прием с пониженной громкостью, напряжения на электродах имеют нормальную величину	Уменьшение емкости переходного конденсатора
Каскад предварительного усиления НЧ лампового приемника	
Приема нет, напряжение на аноде лампы отсутствует	Перегорание или обрыв сопротивления нагрузки или сопротивления фильтра в анодной цепи лампы
Приема нет, сопротивление развязывающего фильтра цепочки в анодной цепи лампы нагревается	Пробой конденсатора развязывающего фильтра анодной цепи

Продолжение табл. 3-13

Признаки неисправности	Причины неисправности
Приема нет, напряжение на экранирующей сетке равно нулю: а) гасящее сопротивление в цепи экранирующей сетки сильно греется; б) гасящее сопротивление не греется	 Пробой конденсатора в цепи экранирующей сетки. Обрыв в гасящем сопротивлении
Приема нет, вольтметр показывает полное напряжение выпрямителя между анодом лампы и шасси приемника	Обрыв или перегорание сопротивления смещения в цепи катода лампы
Прием сопровождается искажениями, напряжение на аноде лампы занижено	Снижение сопротивления изоляции между обкладками переходного конденсатора
Прием с пониженной громкостью, напряжения на электродах лампы имеют нормальную величину	Уменьшение емкости блокировочного конденсатора в цепи катода лампы
Каскад предварительного усиления транзисторного приемника	
Приема нет, напряжение на коллекторе равно нулю	Обрыв сопротивления нагрузки или сопротивления фильтра в цепи коллектора транзистора, пробой конденсатора фильтра в цепи коллектора
Прием с пониженной громкостью и искажениями, напряжение на коллекторе завышено	Обрыв сопротивления смещения в цепи базы транзистора
Приема нет, напряжения на электродах имеют нормальные величины	Обрыв одного из выводов переходного конденсатора

Продолжение табл. 3-13

Признаки неисправности	Причины неисправности
Диодный детектор и схема АРУ лампового и транзисторного приемников	
Приема нет, усилитель НЧ работает нормально	Обрыв или замыкание на шасси вторичной обмотки трансформатора ПЧ. Обрыв переходного конденсатора или сопротивления нагрузки детектора. Обрыв или пробой полупроводникового диода — детектора
Прием с пониженной громкостью, усилитель НЧ работает нормально	Расстроен фильтр ПЧ
Прием есть, при вращении регулятора громкости в громкоговорителе слышны громкие трески и шорохи	Износ или загрязнение токопроводящего слоя потенциометра регулятора громкости. Плохой контакт между ползунком и токопроводящим слоем потенциометра регулятора громкости
Сеточный детектор лампового приемника с положительной обратной связью	
Приема нет на всех диапазонах, усилитель НЧ исправен	Короткое замыкание между пластинами конденсатора настройки. Обрыв конденсатора в цепи управляющей сетки лампы
Приема нет на одном из диапазонов (в схемах типа рис. 3-31 и 3-32)	Обрыв или короткое замыкание в контурной катушке данного диапазона. Неисправен переключатель диапазонов
Прием есть, при вращении регулятора обратной связи громкость не изменяется	Обрыв катушки обратной связи. Нарушен контакт между движком и токопроводящим слоем в потенциометре регулятора обратной связи

Продолжение табл. 3-13

Признаки неисправности	Причины неисправности
Усилитель ПЧ лампового приемника	
Приема нет, напряжения на электродах лампы имеют нормальную величину	Замыкание в конденсаторе или в катушке одного из контуров фильтров ПЧ
Приема нет, напряжение на аноде лампы равно нулю	Обрыв первичной обмотки фильтра ПЧ в цепи анода лампы усилителя ПЧ. Пробой конденсатора или обрыв сопротивления развязывающего фильтра в цепи анода лампы
Приема нет, напряжение на экранирующей сетке равно нулю:	
а) гасящее сопротивление в цепи экранирующей сетки заметно нагревается;	Пробой конденсатора в цепи экранирующей сетки
б) гасящее сопротивление не греется	Обрыв гасящего сопротивления
Прием с пониженной громкостью, напряжения на электродах лампы имеют нормальную величину	Расстроен фильтр ПЧ
Прием сопровождается «заиканием»	Обрыв сопротивления развязывающего фильтра АРУ
Прием сопровождается свистами	Уменьшение емкости развязывающего фильтра в цепи анода лампы
Усилитель ПЧ транзисторного приемника	
Приема нет, напряжения на электродах имеют нормальную величину	Замыкание в конденсаторе или обмотке первого контура фильтра ПЧ. Обрыв или короткое замыкание катушки связи в цепи базы транзистора

Продолжение табл. 3-13

Признаки неисправности	Причины неисправности
Приема нет, напряжение на коллекторе транзистора равно нулю	Обрыв первичной обмотки фильтра ПЧ в цепи коллектора. Пробой конденсатора или обрыв сопротивления развязывающего фильтра в цепи коллектора транзистора
Прием с пониженной громкостью, напряжения на электродах имеют нормальную величину	Расстроен фильтр ПЧ
Прием с пониженной громкостью, ток коллектора занижен	Обрыв сопротивления смещения в цепи базы транзистора
Преобразовательный каскад лампового приемника	
Приема нет на всех диапазонах, напряжение на аноде лампы преобразователя частоты равно нулю	Обрыв первичной обмотки трансформатора ПЧ, включенной в анодную цепь лампы преобразователя частоты
Прнема нет, напряжение на экранирующей сетке равно нулю	Пробой конденсатора или обрыв сопротивления в цепи экранирующей сетки лампы
Приема нет на всех диапазонах, напряжение на аноде гетеродина при всех положениях переключателя диапазонов равно нулю	Пробой конденсатора или обрыв сопротивления в цепи анода гетеродина. Если катушки обратной связи гетеродина включены последовательно, возможная причина — обрыв одной из катушек
То же, что и в предыдущем случае, но при одном положении переключателя диапазонов	Неисправен переключатель диапазонов или оборвана катушка обратной связи на данном диапазоне
Приемник не работает только в конце коротковолнового диапазона или на са́мом коротковолновом растянутом или полурастянутом поддиапазоне	Частичная потеря эмиссии лампы преобразователя частоты (или лампы гетеродина, если гетеродин выполнен на отдельной лампе)

Продолжение табл. 3-13

Признаки неисправности	Причины неисправности
Приема нет на всех диапазонах лишь при определенном положении стрелкн указателя настройки	Замыкание между подвижными и неподвижными пластинами блока конденсаторов переменной емкости
Преобразовательный каскад транзисторного приемника	
Приема нет на всех диапазонах, напряжение на коллекторе транзистора преобразователя равно нулю	Обрыв обмотки фильтра ПЧ в цепи коллектора, пробой конденсатора или обрыв сопротивления фильтрующей цепочки в цепи коллектора
Приема нет на всех диапазонах. Напряжения на электродах транзистора имеют нормальную величину	Неисправен переключатель диапазонов, обрыв или короткое замыкание в контурных катушках, катушках связи
Приема нет на всех диапазонах лишь при определенном положении стрелки указателя настройки	Замыканне между подвижными и неподвижными пластинами блока конденсаторов переменной емкости
Каскад усиления ВЧ	
Усилители ВЧ выполняются в основном по тем же схемам, что и усилители ПЧ. Поэтому при отыскании неисправностей в усилителях ВЧ ламповых и транзисторных приемников следует пользоваться указаниями, приведенными на стр. 176.	

Кроме того, для приемников составляют карты сопротивлений (рис. 3-41), на которых указаны величины сопротивлений между гнездами ламповых панелей и шасси. Проверку приемника с помощью карты сопротивлений нужно производить омметром (авометром) при выключенном питании приемника.

На картах обоих видов ламповые панели показывают со стороны монтажа. Для самодельных приемников также рекомендуется составлять такие карты, так как время, затраченное на их изготовление, окупится в дальнейшем, если приемник понадобится ремонтировать. Для этого в исправном приемнике изменяют напряжения между выводами гнезд ламповых панелей или других элементов схемы и шасси, отдельными

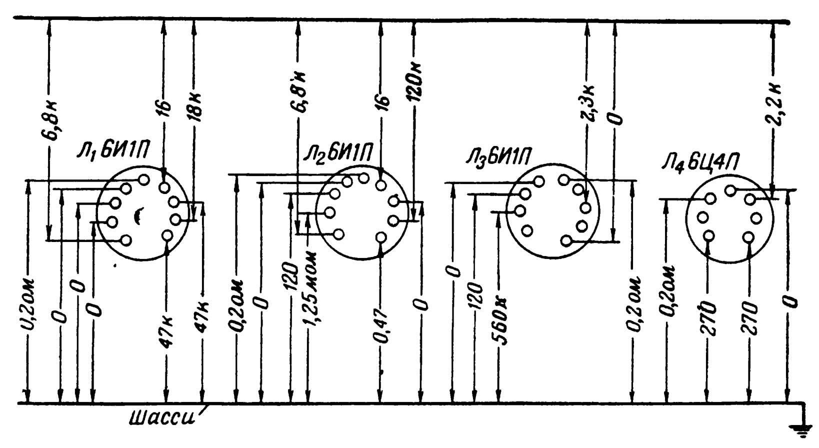


Рис. 3-41. Карта сопротивлений для радиоприемника «Волна».

выводами и контактами схемы и по полученным данным составляют карту напряжений. Затем приемник отключают от сети, вынимают электронные лампы и замеряют величины сопротивлений между теми же точками. По полученным данным составляют карту сопротивлений.

3-19. ОТЫСКАНИЕ ПРОСТЕЙШИХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ПРИЕМНИКЕ БЕЗ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

При отсутствии у радиолюбителя даже простейших измерительных приборов при ремонте приемника рекомендуется следующий порядок проверки отдельных узлов и отыскания неисправностей в приемнике.

1. Если приемник имеет электронно-оптический индикатор настройки (лампа 6Е1П или 6Е5С), то свечение его экрана указывает на наличие высокого напряжения, т. е. исправность выпрямителя.

2. Если через несколько секунд после включения приемника внутри кенотрона начнут проскакивать искры и раскаляться его аноды (или анод), то в анодных цепях приемника имеется короткое замыкание, чаще всего пробой конденсаторов фильтра. Селеновые столбики сильно нагреваются через 10—30 *сек* (проверять можно только после отключения приемника от сети!).

Поочередным отключением конденсаторов фильтра находят неисправный конденсатор. При отключении этого конденсатора приемник начинает работать, но прием сопровождается сильным фоном переменного тока. Неисправный конденсатор следует заменить заведомо исправным конденсатором такой же емкости и на такое же рабочее напряжение.

3. При отсутствии электронно-оптического индикатора и неисправностей, указанных в п. 2, проверить наличие высокого напряжения на выходе выпрямителя можно кратковременным замыканием накоротко проводником (или отверткой с изолированной ручкой) конденсатора на выходе фильтра. Возникновение искры, сопровождающейся треском,

указывает на наличие выпрямленного напряжения. В приемнике с выпрямителем на полупроводниковых диодах такую проверку производить нельзя, так как это приведет к выходу из строя диодов.

4. Проверить исправность усилителя НЧ можно, как указано на стр. 163.

5. Если неисправен оконечный каскад усилителя НЧ и экранирующая сетка его лампы сильно нагревается, то оборвана первичная обмотка выходного трансформатора.

6. Самовозбуждение усилителя НЧ даже при отключенной антенне может быть из-за уменьшения емкости конденсаторов сглаживающего фильтра выпрямителя и развязывающих фильтров в анодных цепях ламп. Устранить самовозбуждение часто можно заменой указанных конденсаторов исправными.

7. «Заикание» или «капание» звука в приемнике возникает при обрывах в цепях управляющих сеток усилителя НЧ. Включая поочередно в каждом каскаде усилителя между управляющей сеткой лампы и шасси сопротивление 0,1—0,5 *Мом*, по пропаданию «заикания» или «капанья» находят каскад, в котором имеется обрыв в сеточной цепи.

8. Как наиболее простой из способов отыскания неисправностей, с учетом перечисленных выше способов следует рекомендовать замену сомнительных деталей заведомо исправными.

Таблица 3-14

3-20. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ СЕТЕВЫХ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Название	Класс	Диапазоны[4] волн	Чувствительность не хуже, *мкв*	Избирательность не хуже, *дб*	Номинальная мощность, *вт*	Количество громкоговорителей, шт.	Потребляемая мощность,[5] *вт*	Электронные лампы
АРЗ-49	4	ДВ, СВ	500	15	0,5	1	40	6А7, 6Б8С, 30П1С
АРЗ-51, АРЗ-52, АРЗ-54	4	ДВ, СВ	500	15	0,5	1	40	6А7, 6Б8С, 6П6С, 6Ц5С
«Байкал»[1,2]	2	ДВ, СВ, КВ УКВ	200 20	30 26	2	2	55/65	6Н3П, 6И1П, 6К4П, 6Х2П, 6Н2П, 6П14П
«Баку»	2	ДВ, СВ КВ	200 300	26 26	1,5	1	70	6А7, 6К3, 6Г2, 6П3С, 6Е5С, 5Ц4С
«Балтика»	2	ДВ, СВ КВ	200 300	26 26	2	1	70	6А7, 6К3, 6Г2, 6П6С, 6Е5С, 6Ц4С
«Балтика-52»	2	ДВ, СВ	200	26	1,5	1	75	6А7, 6К3, 6Х6С, 6Ж8, 6П3С, 6Е5С, 5Ц4С
«Балтика М254»	2	КВ	300	26				
«Беларусь-57»	1	ДВ, СВ, КВ УКВ	50 20	46 26	3	5	80	6Н3П, 6А2П, 6К4П (2 шт.), 6Ж3П, 6П1П (2 шт.), 6Е5С
«Волга»[1]	2	ДВ, СВ, КВ УКВ	200 20	26 20	2	4	60/75	6Н3П, 6И1П, 6К4П, 6Х2П, 6Н2П, 6П14П, 6Е5С
«Волна»	4	ДВ, СВ	400	16	0,5	1	35	6И1П, 6И1П, 6П14П
«Восток-57»[1]	2	ДВ, СВ, КВ УКВ	200 20	30 26	2	2	55/75	6Н3П, 6И1П, 6К4П, 6Х2П, 6Н2П, 6П14П, 6Е5С
«ВЭФ Аккорд»	2	ДВ, СВ КВ	200 300	26 26	1,5	2	65/80	6А7, 6К3, 6Х6С, 6Ж8, 6П6С, 6Е5С, 5Ц4С
«Даугава»[1,2]	2	ДВ, СВ КВ	150 250	34 34	2	1	75/85	6А7, 6Б8С, 6Н9С, 6П3С, 6Е5С, 5Ц4С

Продолжение табл. 3-14

Название	Класс	Диапазоны волн [4]	Чувствительность не хуже, *мкв*	Избирательность не хуже, *дб*	Номинальная мощность, *вт*	Количество громкоговорителей, шт.	Потребляемая мощность, [5] *вт*	Электронные лампы
«Донец» [1,2]	2	ДВ, СВ, КВ УКВ	200 20	30 26	2	2	65/50	6Н3П, 6И1П, 6К4П, 6Х2П, 6Н2П, 6П14П, 6Е5С
«Дружба» [1]	1	ДВ, СВ, КВ УКВ	50 10	56 30	6	4	85/100	6Н3П, 6И1П, 6К4П (3 шт.), 6Х2П, 6Н2П (2 шт.) 6П14П (2 шт.), 6Е5С
«Жигули» [1]	2	ДВ, СВ, КВ УКВ	200 20	26 20	2	4	60/75	6Н3П, 6И1П, 6К4П, 6Х2П, 6Н2П, 6П14П, 6Е5С
«Заря»	4	ДВ, СВ	400	17	0,5	1	40	6И1П (2 шт.), 6П14П
«Звезда-54»	2	ДВ, СВ, КВ	200 300	26 26	1,5	2	60	6А7, 6Ж3П, 6Х2П, 6Ж3П
«Иртыш» [1]	2	ДВ, СВ КВ	150 250	30 30	2	1	75/85	6А7, 6Б8С, 6Н9С, 6П3С, 6Е5С, 5Ц4С
«Исеть»	2	ДВ, СВ КВ	150 250	30 30	2	1	75/85	6А7, 6Б8С, 6Н9С, 6П3С, 6Е5С, 5Ц4С
«Казань-55» [1,3] . .	3	ДВ, СВ	500		1	1	30/40	6А2П, 6К4П, 6Н2П, 6П1П
«Комета» [1]	2	ДВ, СВ, КВ УКВ	200 20	26 20	2	4	60/75	6Н3П, 6И1П, 6К4П, 6Х2П, 6Н2П, 6П14П, 6Е5С
«Латвия»	1	ДВ, СВ, КВ	50	35	6	1	190	6К7 (3 шт.), 6А7, 6А8, 6Х6С, 6С5С, 6Н7, 6П3С (2 шт.), 5Ц4С (2 шт.), 6Е5С
«Люкс» [1]	1	ДВ, СВ, КВ УКВ	50 10	56 30	6	4	85/100	6Н3П, 6К4П (3 шт.), 6И1П, 6Х2П, 6Н2П (2 шт.), 6П14П (2 шт.), 6Е5С

Продолжение табл. 3-14

Название	Класс	Диапазоны[4] волн	Чувствительность не хуже, *мкв*	Избирательность не хуже, *дб*	Номинальная мощность, *вт*	Количество громкоговорителей, шт.	Потребляемая мощность,[5] *вт*	Электронные лампы
«Маяк»	2	ДВ, СВ, КВ УКВ	200 20	30 26	2	2	55	6Н3П, 6И1П, 6К4П, 6Х2П, 6Е5С, 6П14П
«Минск Р-7»[1]	2	ДВ, СВ КВ	100 150	26 26	1,5	1	60/80	6А7, 6К3, 6Х6С, 6Ж8, 6П6С, 6Е5С, 5Ц4С
«Минск-58»[1]	1	ДВ, СВ, КВ УКВ	60 15	30 26	2	3	70	6Н3П, 6И1П, 6К4П, 6Н2П, 6П14П, 6Е5С
«Мир»[1]	1	ДВ, СВ, КВ	50	60	4	2	120/130	6К3 (3 шт.), 6А7, 6Х6С, 6Н8С, 6П6С (2 шт.), 5Ц3С, 6Е5С
«Москвич»	4	ДВ, СВ	500	15	0,5	1	40	6А7, 6Б8С, 6П6С, 6Ц5С
«Муромец»[1,2]	2	ДВ, СВ, КВ УКВ	200 20	30 26	2	2	55/70	6Н3П, 6И1П, 6К4П, 6Х2П, 6Н2П, 6П14П
«Огонек»[1]	3	ДВ, СВ	300	20	0,5	1	55/65	6А7, 6Б8С, 6Ж8, 6П6С, 6Ц5С
«Октава»[1,2]	2	ДВ, СВ, КВ УКВ	200 20	26 20	2	4	60/75	6Н3П, 6И1П, 6К4П, 6Х2П, 6Н2П, 6П14П, 6Е5С
«Октябрь»	1	ДВ, СВ, КВ	50	46	4	2	85	6К3 (2 шт.), 6А7, 6Б8С, 6Н9С, 6П6С (2 шт.), 6Е5С, 5Ц4С
«Рекорд»[1,2]	3	ДВ, СВ КВ	300 500	20 20	0,5	1	40/50	6А7, 6К3, 6Г2, 6П6С, 6Ц5С
«Рига-10»	1	ДВ, СВ, КВ	50	46	4	1	85	6К3 (2 шт.), 6А7, 6Б8С, 6Ж8, 6Н9С, 6П6С (2 шт.), 6Е5С, 5Ц4С

Продолжение табл. 3-14

Название	Класс	Диапазоны[4] волн	Чувствительность не хуже, *мкв*	Избирательность не хуже, *дб*	Номинальная мощность, *вт*	Количество громкоговорителей, шт.	Потребляемая мощность,[5] *вт*	Электронные лампы
«Россия»[1]	1	ДВ, СВ, КВ УКВ	50 10	56 30	6	4	85/100	6Н3П, 6К4П (3 шт.), 6И1П, 6Х2П, 6Н2П (2 шт.), 6П14П (2 шт.), 6Е5С
«Стрела»	4	ДВ, СВ	400	16	0,5	1	40	6И1П (2 шт.), 6П14П, 6Ц4П
«Урал-57»[1]	2	ДВ, СВ КВ	200 300	26 26	1,5	1	80/110	6А7, 6К3, 6Г2, 6П3С, 5Ц4С, 6Е5С
«Фестиваль»	1	ДВ, СВ, КВ УКВ	50 5	66 34	4	4	110	6Н3П, 6К4П (3 шт.), 6И1П, 6Н2П (2 шт.), 6П14П (3 шт.), 6Е5С
«Харьков»[1,2] ...	2	ДВ, СВ, КВ УКВ	200 20	26 20	2	2	55	6Н3П, 6И1П, 6К4П, 6Х2П, 6Н2П, 6П14П, 6Е5С
«Чайка»[1]	2	ДВ, СВ КВ	200 300	26 26	1,5	1	75/90	6А7, 6К3, 6Г2, 6П3С, 5Ц4С, 6Е5С
«Эстония-55»	1	ДВ, СВ, КВ УКВ	50 50	46 20	4	4	120/140	6Н3П, 6К4П (3 шт.), 6И1П, 6Х2П, 6Н2П (2 шт.), 6П14П (2 шт.), 6Е5С

[1] Радиола.

[2] Модель выпускается и как радиоприемник и как радиола.

[3] Радиола; имеет фиксированные настройки в ДВ и СВ диапазонах.

[4] В приемниках используются следующие диапазоны: ДВ — 722—2 000 *м*; СВ—183—577 *м*; КВ — 25—70 *м*, причем для отдельных приемников возможны отступления в небольших пределах, а КВ диапазон может быть разбит на несколько поддиапазонов.

[5] Цифра в числителе показывает потребляемую мощность при приеме радиостанций, цифра в знаменателе—при воспроизведении грамзаписи.

Таблица 3-15

3-21. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАДИОПРИЕМНИКОВ С ПИТАНИЕМ ОТ БАТАРЕЙ

Название	Класс	Диапазон волн [2]	Чувствительность не хуже, *мкв*	Избирательность, не хуже, *дб*	Номинальная мощность, *мвт*	Питание анодное, *в*	Питание анодное, *ма*	Питание накальное, *в*	Питание накальное, *ма*	Электронные лампы и транзисторы
«Дорожный»	—	ДВ, СВ	500	16	100	60	8,5	4,8	60	1А1П, 1К1П, 1Б1П, 2П1П
«Искра» . . .	—	ДВ, СВ	400	20	150	90	12,0	1,2	300	1А1П, 1К1П, 1Б1П, 2П1П
«Киев-Б2» .	—	ДВ, СВ	4 000	15	70	80	5,0	1,2	180	1К1П, 2П1П
«Луч»	—	ДВ, СВ	4 000	—	40	60	4,0	3,0	60	1Б1П, 2П1П
«Новь» . . .	—	ДВ, СВ	500	15	100	60	8,5	1,2	300	1А1П, 1К1П, 1Б1П, 2П1П
«Родина-52»	2	ДВ, СВ КВ	200 300	26	150	90	15	1,2	520	1А1П, 1Б1П (2 шт.), 1К1П (2 шт.), 2П1П (2 шт.)
«Тула» . . .	—	ДВ, СВ	40000	—	40	60	4	3,0	60	1Б1П, 2П1П
«Дорожный» [1] . .	—	ДВ, СВ	500	16	100	60	8,5	4,8	60	1А1П, 1К1П, 1Б1П, 2П1П
«Турист» . .	—	ДВ, СВ	1 000	20	30	60	8	1,2	180	1К2П (2 шт.), 1А2П, 1Б2П, 2П2П
«Родина-58»	2	ДВ, СВ, КВ	100	26	150	1,2	60			1И2П, 1К2П (2 шт.), П13П (2 шт.), П 8 (2 шт.)
«Минск» . .	2	ДВ, СВ	100	26	400	9	150			П402 (3 шт.), П13А (2 шт.), П8 (2 шт.)
«Сюрприз» [1]	—	ДВ, СВ		10	100	6	40			П14 (7 шт.)

[1] Переносный радиоприемник.
[2] В приемниках имеются те же диапазоны волн, что и в сетевых (см. примечание [4] к табл. 3-14).

Таблица 3-16

3-22. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОМБИНИРОВАННЫХ РАДИОУСТАНОВОК

Название	Составные элементы	Число громкоговорителей	Число электронных ламп
«Беларусь-5»	Радиоприемник второго класса Телевизор «Беларусь» Универсальный проигрыватель	2	18
«Жигули-59»	Радиоприемник «Жигули» Телевизор «Старт-2» Универсальный проигрыватель	4	23
Телерадиола «Радий»	Радиоприемник «Октава» Телевизор «Радий» Универсальный проигрыватель	4	19
Магнитола «Неринга»	Радиоприемник «Дайна» Магнитофон «Эльфа-17»	2	11
«Кристалл-104»	Телевизор «Алмаз» Радиоприемник «Люкс-2» Универсальный проигрыватель Магнитофон «Октябрь»	4	36

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

4-1. ПЕРЕДАЧА И ПРИЕМ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Передача и прием телевидения осуществляются в три этапа:

1) преобразование оптического изображения, подлежащего передаче, в электрические сигналы;

2) передача электрических сигналов к приемным устройствам (телевизорам);

3) обратное преобразование принятых электрических сигналов в оптическое изображение на экране приемного устройства.

Иконоскоп

В телевизионной студии, откуда производятся передачи телевидения, имеется телевизионная камера, содержащая передающую телевизионную трубку — иконоскоп. Это электронно-вакуумный прибор, с помощью которого осуществляется преобразование оптического изображения в электрические сигналы.

Мозаика. Преобразующей частью иконоскопа является мозаика (рис. 4-1), состоящая из миллионов мельчайших изолированных друг от

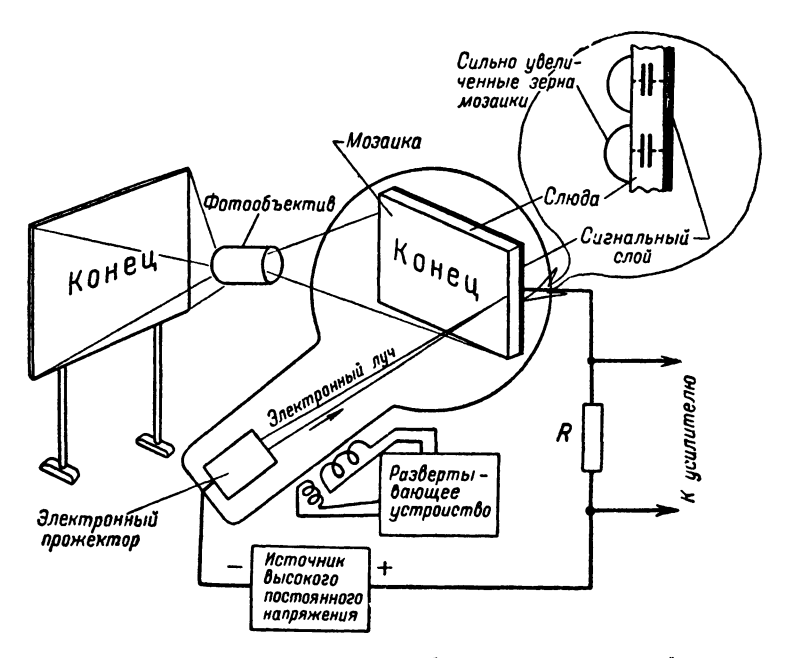


Рис. 4-1. Преобразование оптического изображения в электрический сигнал с помощью иконоскопа.

друга зерен серебра, нанесенных на слюдяную пластинку. Подвергнутые специальной обработке, зерна обладают способностью испускать электроны под действием падающего на них света. На противоположную сторону пластинки нанесено металлическое покрытие, называемое сигнальным слоем.

Каждое зерно мозаики образует с сигнальным слоем микроскопический конденсатор, в котором под действием света накапливается тем больший электрический заряд, чем больше сила падающего света. Диэлектриком этого конденсатора является слюда. Когда на мозаику с помощью объектива проецируют оптическое изображение какого-либо предмета, заряды по ее поверхности распределяются в точном соответствии с осве-

щенностью тех или иных участков изображения. На мозаике появляется «электрическое изображение» передаваемого предмета.

При передаче по телевидению кинофильмов на мозаику иконоскопа проецируют изображение с кинопленки.

Развертка изображения

Чтобы получить электрический сигнал, нужно в определенной последовательности «снять» заряды с зерен мозаики или, как говорят, осуществить развертку изображения. Для этого используется узкий пучок электронов — электронный луч, направляемый на мозаику из электронного прожектора, одной из основных частей которого является подогревный катод (см. § 10-1). На горловине иконоскопа расположены отклоняющие катушки, через которые идут несинусоидальные переменные токи, вырабатываемые развертывающим устройством. Переменное магнитное поле отклоняющих катушек заставляет электронный луч перемещаться по мозаике в строго определенном порядке. Начав свое движение в левом верхнем углу мозаики, луч с равномерной скоростью перемещается вправо, как бы прочерчивая на мозаике горизонтальную строку, затем со значительно большей скоростью возвращается в левую часть мозаики, прочерчивает новую строку под первой строкой и т. д. Прочертив последнюю строку, луч возвращается в исходное положение в левом верхнем углу мозаики, после чего процесс повторяется в том же порядке. Чем большим числом строк покрывается мозаика, тем более мелкие детали оптического изображения преобразуются в электрические сигналы, тем больше четкость телевизионного изображения. На телевизионных центрах СССР изображение разлагают на 625 строк, что обеспечивает хорошее качество изображения на экранах телевизоров.

За время, в течение которого мозаика покрывается 625 строками, создается один кадр развертки; от числа кадров, создаваемых в 1 *сек*, — частоты кадров, также зависит качество телевизионного изображения. При малой частоте кадров изображение на экране телевизора будет казаться мелькающим. Однако увеличение частоты кадров приводит к значительному усложнению телевизионной системы. На телевизионных центрах СССР принята так называемая **чересстрочная развертка**, обеспечивающая достаточно высокое качество телевизионного изображения.

При этом способе развертки один кадр создается в два приема. Первоначально по мозаике иконоскопа электронным лучом прочерчиваются нечетные строки (1-я, 3-я, 5-я и т. д.), а затем находящиеся в промежутках между ними четные (2-я, 4-я, 6-я и т. д.). В связи с этим в телевизионной технике применяют термин «частота полукадров». На телевизионных центрах СССР частота полукадров принята равной 50 *гц*.

Перемещение луча в направлении слева направо называется прямым ходом строчной развертки, а сверху вниз — прямым ходом кадровой развертки. Перемещения луча в направлении справа налево и снизу вверх называются соответственно обратным ходом строчной и кадровой разверток.

Телевизионный сигнал

При прямом ходе с зерен мозаики последовательно снимаются все заряды и по сопротивлению R протекает ток, величина которого зависит от освещенности различных участков мозаики. В результате описанных процессов на сопротивлении R, включенном между электронным прожек-

тором и сигнальным слоем, возникает электрический сигнал, называемый сигналом изображения.

При обратном ходе электронный луч выключается или, как принято говорить, гасится. Время, идущее на обратный ход, используется для передачи так называемых строчных и кадровых согласующих и гасящих импульсов, необходимых для получения правильного изображения на экранах телевизоров.

Телевизионным сигналом называют совокупность сигналов изображения, согласующих и гасящих импульсов. Пример формы

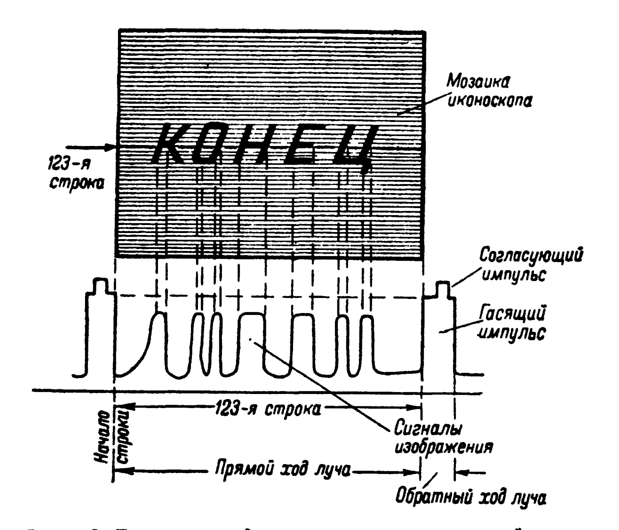


Рис. 4-2. Телевизионный сигнал при развертке одной строки.

телевизионного сигнала при передаче одной строки простого изображения показан на рис. 4-2.

Более полное представление о телевизионном сигнале можно получить из рис. 4-3. Длительность его различных элементов показана здесь в микросекундах. При передаче наиболее светлых мест изображения величина сигнала изображения составляет 8—15% максимальной величины телевизионного сигнала, а при передаче черных мест возрастает до 75% его максимальной величины (рис. 4-3, *а*).

Величина строчных гасящих импульсов, предназначенных для гашения электронного луча при переходе от одной строки к другой, поддерживается строго постоянной на уровне 75% максимальной величины телевизионного сигнала. Одновременно с гасящими импульсами передаются строчные согласующие импульсы.

Величина кадровых гасящих импульсов, предназначенных для гашения луча при переходе от кадра к кадру, также поддерживается постоянной на уровне 75%. Одновременно с ними передаются кадровые согласующие импульсы (рис. 4-3, *б* и 4-3, *в*).

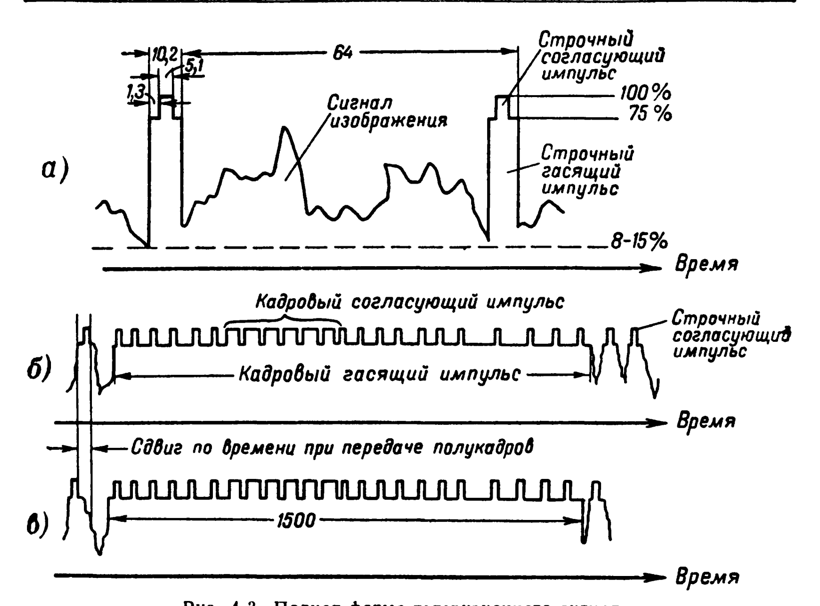


Рис. 4-3. Полная форма телевизионного сигнала.
а — при передаче одной строки; *б* — при передаче первого полукадра; *в* — при передаче второго полукадра.

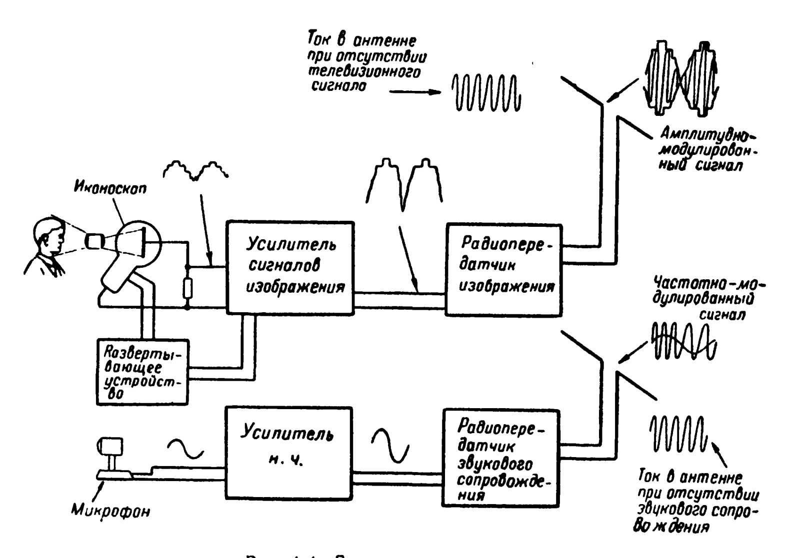


Рис. 4-4. Блок-схема телецентра.

В связи с тем, что передача телевизионного кадра осуществляется в два приема, гасящие импульсы первого и второго полукадров сдвинуты во времени по отношению к моменту передачи последнего строчного синхронизирующего импульса (сравни рис. 4-3, *б* и *в*).

Передатчики телевизионного центра

Передача телевизионных программ осуществляется с помощью УКВ радиопередатчиков. Усиленный во много раз телевизионный сигнал подводится к передатчику и изменяет амплитуду колебаний в его антенне в такт с изменениями телевизионного сигнала, обусловленными изменениями световых оттенков в передаваемом изображении, — происходит амплитудная модуляция тока в антенне (рис. 4-4).

Передача звукового сопровождения телевизионной программы осуществляется через другой передатчик телецентра. В нем осуществляется частотная модуляция (см. § 2-5).

Разность между несущими частотами передатчиков сигналов изображения и звукового сопровождения согласно телевизионному стандарту СССР составляет 6,5 *Мгц*. Ширина полосы частот, излучаемых обоими передатчиками, равна 8 *Мгц*.

Сведения о частотных телевизионных каналах, используемых телевизионными центрами СССР, приведены в табл. 4-1.

Таблица 4-1

Частотные каналы, используемые в СССР для передачи телевидения

Номера каналов	Полоса, частот, *Мгц*	Несущая частота сигналов изображения, *Мгц*	Несущая частота звукового сопровождения, *Мгц*
1	48,5— 56,5	49,75	56,25
2	58 — 66	59,25	65,75
3	76 — 84	77,25	83,75
4	84 — 92	85,25	91,75
5	92 —100	93,25	99,75
6	174 —182	175,25	181,75
7	182 —190	183,25	189,75
8	190 —198	191,25	197,75
9	198 —206	199,25	205,75
10	206 —214	207,25	213,75
11	214 —222	215,25	221,75
12	222 —230	223,25	229,75

Телепередачи из театров и со стадионов

Когда нужно организовать телевизионную передачу из театра, концертного зала, со стадиона или из другого пункта, удаленного от телевизионного центра, в этом пункте устанавливают маломощный передатчик изображения, работающий на дециметровых волнах. На него подают усиленный телевизионный сигнал с иконоскопа.

На телевизионном центре сигналы этого передатчика принимают и после соответствующих преобразований подают на передатчик изображения телецентра, осуществляя амплитудную модуляцию тока высокой частоты в его антенне.

Сигналы звукового сопровождения из пункта, откуда ведется телевизионная передача, обычно передают на телецентр на низкой частоте по телефонному кабелю.

Ретрансляция телевидения

Дальность действия телевизионного центра зависит как от мощности его передатчиков и чувствительности приемных устройств, так и от условий в пункте приема: топографии местности, наличия жилых массивов с высокими зданиями и т. д. Благодаря особенностям распространения ультракоротких радиоволн (см. § 2-6), на которых ведется телевизионное вещание, сила сигнала (точнее, напряженность поля) телевизионных передатчиков даже в пределах одного небольшого участка может сильно изменяться в зависимости от указанных выше условий. Уверенный прием телевизионных сигналов возможен на расстояниях до 50—70 *км* от телецентров.

Эффективным средством увеличения зоны действия телевизионных центров является ретрансляция телевидения. Сущность ее заключается в том, что сигналы телецентра принимаются на расстоянии 70—100 *км* так называемой р е т р а н с л я ц и о н н о й с т а н ц и е й, усиливаются ею, преобразуются в телевизионные сигналы другого канала и излучаются передатчиком с относительно малой мощностью, достаточной для приема телевизионных программ в населенных пунктах, расположенных на значительном отдалении от основного телецентра.

Для передачи телевидения на расстояния 500—1000 *км* и более используют специальные кабельные и так называемые р а д и о р е л е й н ы е линии.

Радиорелейная линия содержит ряд приемно-передающих станций, располагаемых на расстояниях 50—80 *км* друг от друга.

Каждая станция линии имеет 2 антенны: приемную и передающую. Приемная антенна ближайшей к телецентру ретрансляционной станции принимает его телевизионные сигналы. После соответствующего усиления с помощью усилителя, находящегося на станции, телевизионный сигнал излучается передающей антенной в сторону следующей приемно-передающей станции. Принятый и усиленный второй станцией сигнал излучается передающей антенной в сторону третьей станции и т. д.

Благодаря радиорелейным и кабельным линиям оказывается возможным осуществить телевизионную передачу из одного центра в другой, расположенный на расстоянии в сотни и тысячи километров, произвести обмен телевизионными программами между городами и т. д.

4-2. ПРИЕМ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

Преобразование телевизионных сигналов в оптическое изображение и воспроизведение звукового сопровождения осуществляется в телевизионном приемнике (телевизоре).

Кинескоп

Одной из важнейших частей телевизора является приемная электронно-лучевая телевизионная трубка — кинескоп (рис. 4-5). Он представляет собой стеклянный баллон с плоским днищем. Экран кинескопа изготовляется путем нанесения на днище колбы люминофора — специального состава, обладающего способностью светиться под действием ударов падающих на него электронов.

Так же как и электронная лампа (см. раздел 10), кинескоп имеет подогревный катод и анод (на рис. 4-5 не показан), но только иной формы. На анод подается положительное напряжение по отношению к

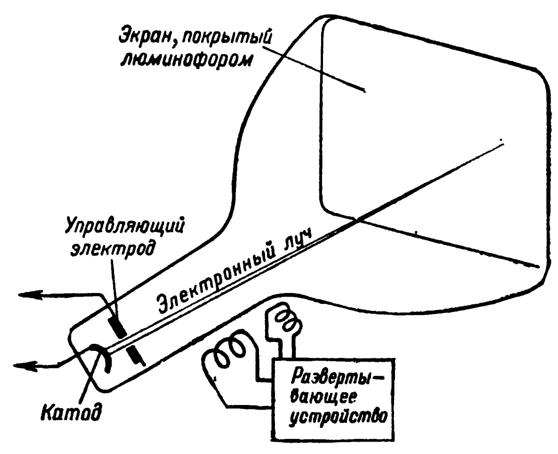


Рис. 4-5. Кинескоп.

катоду. Кроме того, в кинескопе имеется управляющий электрод, играющий такую же роль, как управляющая сетка электронной лампы, но конструктивно выполненный иначе.

Электроны, излучаемые катодом, проходят в виде узкого пучка — электронного луча — сквозь небольшое отверстие в управляющем электроде. Интенсивность луча, падающего на экран (число и скорость электронов в луче), уменьшается тем больше, чем больше величина отрицательного напряжения на управляющем электроде относительно катода. Это происходит потому, что образующие луч электроны отталкиваются от отрицательно заряженного управляющего электрода. Это дает возможность, изменяя напряжение между катодом и управляющим электродом, изменять в широких пределах интенсивность электронного луча и соответственно яркость свечения люминофора экрана.

Чтобы получить на экране кинескопа телевизионное изображение, необходимо заставить электронный луч перемещаться по экрану так же, как он движется по мозаике иконоскопа, и подвести к цепи катод — управляющий электрод телевизионный сигнал. Требуемое перемещение луча обеспечивается развертывающим устройством телевизора, которое вырабатывает несинусоидальные токи такой же

частоты, как развертывающее устройство кинескопа в телевизионной студии. С помощью этих токов в горловине кинескопа создают переменное магнитное поле, действующее на электронный луч. В результате этого экран кинескопа покрывается большим количеством светящихся строк, составляющих как бы слитную светящуюся поверхность. Электрические данные кинескопов приведены на стр. 416 и 417.

Блок-схема телевизора

Телевизионные приемники могут быть собраны по схеме прямого усиления или супергетеродинной. Подавляющее большинство телевизоров заводского производства выполнены по супергетеродинным схемам. Это объясняется тем, что при супергетеродинной схеме достигается, во-первых, значительно большая чувствительность телевизора и, во-вторых, — простота осуществления переключения телевизионных каналов, т. е. перехода с приема одной программы на прием другой.

Принятые антенной [1] супергетеродинного телевизионного приемника высокочастотные амплитудно-модулированные сигналы передатчика изображения и частотно-модулированные сигналы передатчика звукового сопровождения поступают на усилитель ВЧ и после усиления в несколько десятков раз подаются на преобразователь частоты (рис. 4-6). Назначением последнего, как и в радиовещательном приемнике, является преобразование обоих сигналов в сигналы более низкой, промежуточной частоты (см. § 3-3).

Такое преобразование необходимо потому, что значительное усиление высокочастотных сигналов сопряжено с большими трудностями, в то время как сигналы более низкой (промежуточной) частоты без особого труда могут быть усилены в тысячи раз.

С выхода усилителя промежуточной частоты сигналы поступают на детектор. Так как на него воздействуют два сигнала — амплитудно-модулированный и частотно-модулированный, вследствие их взаимодействия на нагрузке детектора получается сигнал с частотой, равной разности между несущей частотой передатчика изображения и частотой передатчика звукового сопровождения.

Поскольку принимаемый антенной сигнал звукового сопровождения модулирован по частоте, сигнал разностной частоты также является частотно-модулированным. В отсутствие модуляции передатчика звуком разностная частота равна 6,5 *Мгц*.

Одновременно с этим сигналом на нагрузке детектора выделяется телевизионный сигнал. После усиления в усилителе сигналов изображения этот сигнал поступает в цепь катод—управляющий электрод кинескопа и обеспечивает создание на его экране телевизионного изображения. Кроме того, телевизионный сигнал подается на согласующее устройство, в котором из сигнала выделяются согласующие строчные и кадровые импульсы. Они управляют работой устройств строчной и кадровой разверток, заставляя их вырабатывать несинусоидальные переменные токи (напряжения) таких же частот, как в развертывающих устройствах иконоскопа. Этим обеспечивается строгая согласованность движения электронных лучей в иконоскопе и кинескопе.

---

[1] Описание приемных телевизионных антенн приведено в § 6-2 Справочника.

7*

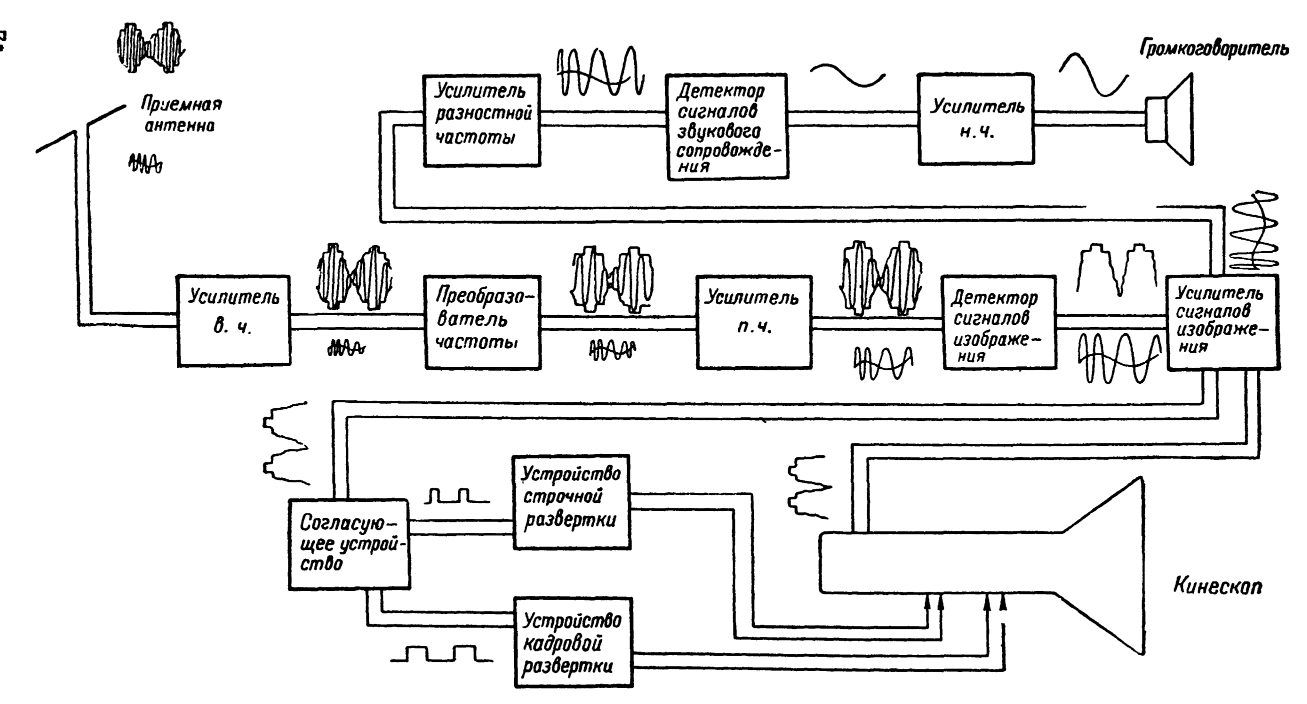


Рис. 4-6. Наиболее распространенная блок-схема телевизора.

Таблица 4-2

Основные эксплуатационные данные телевизионных приемников

Тип телевизора	Размер изображения, *мм*	Размеры футляра[1], *мм*	Мощность, потребляемая от сети, *вт*: при приеме телевидения	Мощность, потребляемая от сети, *вт*: при приеме радиовещания с ЧМ	Вес, *кг*	Количество принимаемых программ[2]	Количество ламп (не считая кинескопа)	Количество полупроводниковых приборов	Выходная мощность канала звукового сопровождения, *вт*	Входное сопротивление со стороны антенны, *ом*
Т-1 «Москвич» . .	100 × 130	560 × 396 × 405	250	—	33	1	21	—	1,5	75
Т-1 «Ленинград» .	105 × 140	365 × 675 × 335	280	—	32	1	22	—	1,5	75
КВН-49-А и КВН-49-Б	105 × 140	380 × 490 × 400	216	—	29	3	16	—	1	75
КВН-49-4	105 × 140	380 × 490 × 400	200	—	29	3	16	—	1	75
КВН-49-М	135 × 180	380 × 490 × 400	200	—	29	3	17	—	1	75
Т-2 «Ленинград» .	135 × 180	400 × 780 × 460	320	120	52	3 + ЧМ	31	—	2,5	75
«Авангард»	180 × 240	535 × 445 × 410	220	—	35	Одна из трех	18	4	1	75
«Звезда»	195 × 260	465 × 430 × 580	220	—	35	То же	16	3	1	75
«Беларусь»	180 × 240	450 × 435 × 545	220	—	35	» »	19	4	1	75
«Экран», «Север» .	180 × 240	465 × 620 × 430	200	100	35	3 + ЧМ	17	—	1	75
«Луч», «Зенит» . .	180 × 240	480 × 630 × 430	200	100	38	3 + ЧМ	17	—	1	75
«Рембрандт»	180 × 240	435 × 675 × 430	210	105	35	3 + ЧМ	22	—	2,5	75
«Авангард-55» . . .	180 × 240	400 × 590 × 510	220	120	35	5 + ЧМ	18	4	1	300 и 75

Продолжение табл. 4-2

Тип телевизора	Размер изображения, *мм*	Размеры футляра[1], *мм*	Мощность, потребляемая от сети, *вт*: при приеме телевидения	Мощность, потребляемая от сети, *вт*: при приеме радиовещания с ЧМ	Вес *кг*	Количество принимаемых программ[2]	Количество ламп (не считая кинескопа)	Количество полупроводниковых приборов	Выходная мощность канала звукового сопровождения, *вт*	Входное сопротивление со стороны антенны, *ом*
«Рекорд»	210 × 280	410 × 480 × 380	170	90	23	5 + ЧМ	16	8	0,5	300
«Знамя»	255 × 340	485 × 505 × 480	130	65	26	5 + ЧМ	15	5	1	75
«Знамя-58»	255 × 340	520 × 495 × 475	130	—	28	12	15	12	1	75
«Рубин»	270 × 360	485 × 495 × 420	170	70	28,5	5 + ЧМ	19	8	1	300
«Рубин-102»	270 × 360	500 × 495 × 430	150	60	28,5	12	19	10	1	75
«Янтарь»	340 × 450	530 × 620 × 670	180	80	40	5 + ЧМ	19	7	4	75
«Алмаз»	340 × 450	610 × 530 × 510	125	50	—	12	19	10	4	75
«Мир»	330 × 440	615 × 100 × 450	195	80	65	5 + ЧМ	21	10	3	75
«Старт»	220 × 290	380 × 410 × 390	130	60	21	5 + ЧМ	18	16	1	75
«Союз»	210 × 280	415 × 440 × 460	140	65	23	5 + ЧМ	15	5	1	75
«Темп»	240 × 320	520 × 570 × 470	240	—	38	Одна из пяти	21	3	1	75
«Темп-2»	240 × 320	520 × 570 × 470	240	150	38	5 + ЧМ	21	3	1	300
«Темп-3»	270 × 360	495 × 480 × 450	165	65	30	12 + ЧМ	18	13	1	75
«Темп-4»	330 × 450	490 × 540 × 535	165	65	40	12	19	15	4	75

Продолжение табл. 4-2

Тип телевизора	Размер изображения, *мм*	Размеры футляра[1], *мм*	Мощность, потребляемая от сети, *вт*		Вес, *кг*	Количество принимаемых программ[2]	Количество ламп (не считая кинескопа)	Количество полупроводниковых приборов	Выходная мощность канала звукового сопровождения, *вт*	Входное сопротивление со стороны антенны, *ом*
			при приеме телевидения	при приеме радиовещания с ЧМ						
«Темп-5» (радиокомбайн)	340 × 450	1 250 × 555 × 1 025	170	—	—	12	21	15	—	75
«Воронеж»	270 × 360	440 × 380 × 580	150	—	16	12	14	—	1	75
«Заря»	210 × 280	360 × 275 × 370	100	—	14,5	5	12	7	1	75
«Енисей-2»	210 × 280	525 × 450 × 415	150	—	24	12	16	8	1	75
«Комсомолец» . . .	210 × 280	385 × 335 × 500	130	—	16	12	14	11	1	75
«Спутник»	105 × 140	200 × 200 × 250	14[3]	—	7	1	—	38 и 10 селен. столб.	0,5	75
«Москва», «Топаз» (проекционный) . .	900 × 1 200	560 × 460 × 820 (размер экрана в футляре 1 300 × 1 060 × 130)	275	135	70 (вес экрана 30 *кг*)	12	31	12	—	75

[1] Размеры футляра указаны без выступающих частей, показана наибольшая длина каждой из сторон.
[2] Добавление «+ЧМ» указывает, что на данный телевизор, кроме телевизионных программ, можно принимать передачи радиовещательных УКВ станций, работающих с частотной модуляцией.
[3] Питание от аккумуляторов.

Таблица 4-3

Основные электрические характеристики телевизионных приемников

Тип телевизора	Чувствительность не хуже, *мкв*			Четкость изображения по испытательной таблице не менее, строк				Полоса воспроизводимых звуковых частот, *гц*	Полоса пропускания по каналу изображения, *Мгц*	Промежуточные частоты, *Мгц*	
	по каналу изображения	по каналу звука	при приеме ЧМ станций	по горизонтали: в центре	по горизонтали: на краях	по вертикали: в центре	по вертикали: на краях			Канал изображения	Канал звукового сопровождения
Т-1 «Москвич» . .	1 000	750	750	350	300	400	300	—	3,5	14	7,5
Т-1 «Ленинград» .	1 000	800	—	350	300	400	300	—	3,5	14,75	8,25
КВН-49-А и КВН-49-Б	1 000	800	—	400	300	400	350	120— 3 000	3,6	—	6,5
КВН-49-4	1 000	800	—	400	300	400	350	120— 3 000	3,6	—	6,5
КВН-49-М	1 000	800	—	400	300	400	350	150— 3 500	3,6	—	6,5
Т-2 «Ленинград» .	500	350	350	400	350	500	350	80— 6 000	4,5	35,5	29
«Авангард»	800	800	—	450	350	500	350	100— 5 000	4,5	34,25	27,75
«Звезда»	1 300	1 000	—	450	350	500	350	100— 5 000	4,5	35,25	28,75
«Беларусь»	800	800	—	450	350	500	350	—	4,5	34,25	27,75
«Экран», «Север» .	1 000	1 000	500	400	350	500	350	100— 6 000	4,0	23	16,5
«Луч», «Зенит» . .	1 000	1 000	500	400	350	500	450	100— 6 000	4,0	22,5	16,0
«Рембрандт»	500	500	500	400	—	500	—	60—12 000	4,25	35,5	29
«Авангард-55» . . .	500	500	500	450	350	500	350	100— 5 000	4,5	34,25	27,75
«Рекорд»	200	200	200	400	350	450	400	100— 6 000	4,5	34,25	6,5
«Знамя», «Союз» .	200	200	200	450	400	500	400	100— 6 000	4,5	34,25	6,5
«Знамя-58»	200	200	—	450	400	500	400	100— 6 000	4,5	34,25	6,5

Продолжение табл. 4-3

Тип телевизора	Чувствительность не хуже, *мкв*			Четкость изображения по испытательной таблице не менее, строк				Полоса воспроизводимых звуковых частот, *гц*	Полоса пропускания по каналу изображения, *Мгц*	Промежуточные частоты, *Мгц*	
				по горизонтали		по вертикали					
	по каналу изображения	по каналу звука	при приеме ЧМ станций	в центре	на краях	в центре	на краях			Канал изображения	Канал звукового сопровождения
«Рубин», «Янтарь», «Рубин-102»	200	200	100	500	400	550	400	80— 7 000	5,25	34,25	6,5
«Старт»	200	200	100	450	350	450	400	100— 6 000		34,25	27,75
«Темп»	500	500	—	450	350	500	350	90— 7 000	4,5	34,25	27,75
«Темп-2»	250	250	250	450	350	500	350	90— 7 000	4,5	34,25	27,75
«Темп-3», «Темп-4», «Темп-5» (радиокомбайн)	100/200 [1]	100	160	500	450	550	450	80— 7 000	4,75	34,25	6,5
«Мир»	100	100	100	500	400	550	400	60—10 000	5	34,25	6,5
«Алмаз»	200	200	100	500	400	550	400	60—10 000	5,0	34,25	6,5
«Воронеж»	200	200	—	450	350	450	400	100— 6 000	4,5	34,25	6,5
«Заря»	200	200	—	450	350	450	400	100— 6 000	—	34,25	6,5
«Енисей-2»	200	200	—	400	350	450	350	100— 6 000	—	34,25	6,5
«Комсомолец» . . .	200	200	—	450	—	—	—	100— 8 000	5,0	34,25	6,5
«Москва», «Топаз» (проекционный) . .	100	100	—	500	—	550	—	40—12 000	—	34,25	6,5
«Спутник»	200	200	—	—	—	—	—	100— 5 000	—	—	6,5

[1] В числителе — чувствительность по каналам 1—5, в знаменателе — по каналам 6—12.

Сигнал разностной частоты, отделенный от сигнала изображения, подается на усилитель разностной частоты, а с его выхода — на детектор сигнала звукового сопровождения. Получаемый в результате детектирования низкочастотный сигнал звукового сопровождения усиливается усилителем НЧ и поступает на громкоговоритель.

Отечественные телевизоры

В табл. 4-2 и 4-3 даны краткие сведения об отечественных телевизорах промышленного изготовления.

4-3. НАСТРОЙКА ТЕЛЕВИЗОРА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ТАБЛИЦЫ

Настройка телевизора выполняется по изображению на его экране телевизионной испытательной таблицы (рис. 4-7), передаваемой телевизионными центрами специально для этой цели. С помощью таблицы могут быть определены следующие основные показатели телевизора.

Контрастность изображения — отношение яркостей самой светлой и самой темной частей изображения. При нормальной контрастности обеспечивается наибольшее число световых оттенков в передаваемом изображении.

Яркость изображения связана с его контрастностью. Увеличение яркости требует одновременного увеличения контрастности и наоборот.

Четкость характеризуется тем наибольшим числом мелких деталей изображения, которое может быть воспроизведено на телевизионном экране.

Линейность. Под линейностью понимают геометрически правильное воспроизведение элементов изображения на экране телевизора, например сохранение пропорций тела человека, и т. д.

Фокусировка характеризует резкость изображения.

Настройку телевизора начинают спустя 3—5 *мин* после его включения. Вращая по часовой стрелке ручку регулятора яркости добиваются свечения экрана. Переключатель программ устанавливают в положение, соответствующее приему желаемой программы. Ручку регулятора контрастности плавно поворачивают по часовой стрелке до появления изображения. После этого с помощью ручек регуляторов яркости, контрастности и фокусировки (если регулятор фокусировки имеется в данном телевизоре) добиваются получения наиболее четкого и яркого изображения. Иногда не удается сразу получить неподвижное изображение, оно оказывается покрытым горизонтальными и наклонными полосами или «бежит» сверху вниз или снизу вверх. Чтобы устранить полосы и получить хорошее изображение, нужно плавно вращать ручку регулятора частоты строк, расположенную на задней или боковой стенке телевизора. Приблизительно в среднем положении этой ручки полосы на экране должны исчезнуть.

Если изображение перемещается вверх или вниз, вращая ручку «частота кадров» нужно добиться неподвижного изображения.

Получив устойчивое изображение испытательной таблицы, проверяют по ней работу телевизора следующим образом.

Регулировка контрастности. Вращая ручки регуляторов яркости и контрастности, добиваются того, чтобы на деталях таблицы, отмеченных цифрой *1* на рис. 4-7, можно было различить не менее 6—8 постепенных переходов яркости или, иначе, градаций яркости. В этом случае контрастность изображения и яркость экрана считаются нормальными.

Определение четкости изображения. После того как достигнута достаточная контрастность изображения, можно определить его четкость в центре экрана и по его углам. Четкость изображения в центре опре-

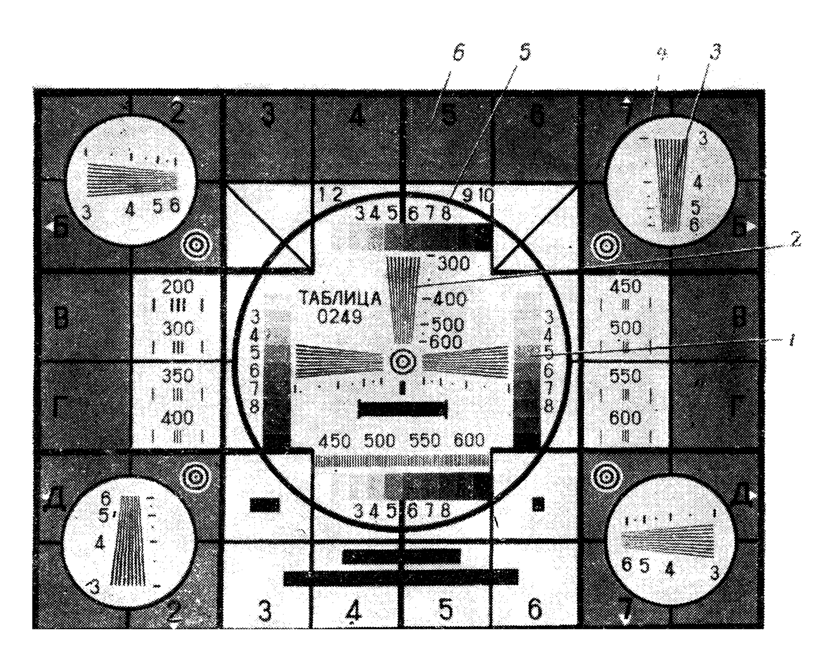


Рис. 4-7. Телевизионная испытательная таблица.

деляют по клину *2*. Этот клин состоит из отдельных линий, плавно расходящихся от центра круга. Справа от клина нанесены цифры 300, 400, 500 и 600; четкость изображения пропорциональна указанным числам, которые условно называют «числами строк». По тому, на каком горизонтальном уровне линии, составляющие клин, сливаются и становятся неразличимыми, судят о четкости изображения. Если, например, линии раздельно видны до уровня цифры 500, а далее сливаются, говорят: четкость равна 500 строк и т. д. Из-за несовершенства кинескопов и других частей телевизоров четкость в углах ниже, чем в центре.

Для оценки четкости в углах изображения используются клинья *3* с нанесенными около них цифрами 3, 4, 5 и 6 (вместо 300, 400, 500 и 600). Определение четкости по углам изображения производится в том же порядке, что и в центре.

Проверка линейности изображения. Для проверки линейности используются изображенные на испытательной таблице круги *4* и *5* в центре и по углам, а также квадраты *6*. Линейность считается удовлетворительной, если круги имеют правильную форму, а различий в размерах квадратов не заметно. Если центральный круг приплюснут с правой или левой стороны, то это говорит о плохой линейности изображения по горизонтали. Неудовлетворительная линейность по горизонтали свидетельствует о неполадках в телевизоре. В некоторых телевизорах имеется ручка регулировки линейности по горизонтали.

Если приплюснута или вытянута верхняя или нижняя часть центрального круга — неудовлетворительна линейность по вертикали. Улучшить линейность по вертикали можно с помощью регулятора линейности по вертикали («линейность кадров»).

На телевизионной испытательной таблице имеется ряд других изображений, о которых мы не упомянули. Они предназначены для настройки телевизора по испытательной таблице только в заводских условиях.

4-4. ЦВЕТНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Передача цветного изображения

При передаче цветного телевидения на телевизионном центре используются три передающие телевизионные трубки. Перед объективом каждой трубки имеются цветные фильтры, пропускающие соответственно красный, синий и зеленый цвета, содержащиеся в передаваемом изображении[1]. В результате общий телевизионный сигнал будет содержать составляющие трех цветов. Передача цветного телевизионного сигнала к приемным устройствам осуществляется в том же порядке, что и черно-белого.

Прием цветного изображения

Приемник цветного телевидения значительно более сложен, чем обычный телевизор. В нем применяется специальная трехлучевая телевизионная трубка. Она имеет три катода, три управляющих электрода и маску — металлический лист с большим числом отверстий (рис. 4-8, *а*). Экран трубки состоит из зерен люминофоров красного, синего и зеленого цветов (рис. 4-8, *б*). Электронные лучи создаются катодами, расположенными вокруг оси трубки под углом 120° друг к другу (рис. 4-8, *в*). Благодаря такому расположению катодов оси электронных лучей также образуют равносторонний треугольник, и поэтому, сойдясь в отверстии маски, лучи попадают в три разные точки экрана. Трубка устроена так, что каждый луч может попасть только в определенные точки на поверхности экрана. Так, луч *К*, предназначаемый для передачи красной составляющей изображения, попадает в любом месте экрана только в «свою» точку *К'* люминофора красного цвета. Так как число отверстий в маске превышает 300 000, а число точек люминофоров красного, синего и зеленого цветов более 900 000, глаз не может различить

---

[1] Для передачи практически любых цветовых тонов достаточно осуществлять смешение указанных трех цветов в различных пропорциях. Так, при смешении всех трех цветов в определенной пропорции можно получить белый цвет, при смешении красного и зеленого — желтый и т. д.

отдельные цветные точки на экране трубки, и они воспринимаются как слитное цветное изображение.

Для получения изображения на экране трехлучевой трубки необходимо обеспечить согласованное движение трех лучей в известном порядке (слева направо и сверху вниз), а к выводам *I*, *II* и *III* подвести

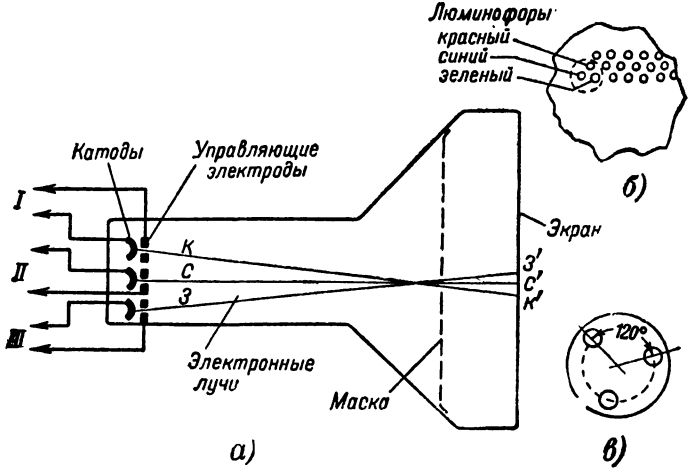


Рис. 4-8 Кинескоп для приема цветного телевидения.
а — ход электронных лучей; *б* — расположение зерен люминофоров на экране; *в* — взаимное расположение катодов.

красную, синюю и зеленую составляющие цветного телевизионного сигнала. Выделение составляющих из общего сигнала в цветном телевизоре производится с помощью довольно сложных устройств.

Внедряемая в Советском Союзе система цветного телевидения обеспечивает возможность приема цветных передач на обычные телевизоры в черно-белом виде. Кроме того, сохраняется возможность приема на цветной телевизор в черно-белых тонах нецветных передач.

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ РАДИОТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ НА УКВ

5-1. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛИНЫ ВОЛН И ДАЛЬНОСТЬ СВЯЗИ

Начинающим радиолюбителям рекомендуется строить передатчики и приемники, рассчитанные для связи только радиотелефоном на 2- и 10-метровых диапазонах (см. раздел 2, табл. 2-1). В аппаратуре, предназначаемой для связи на 70-сантиметровом диапазоне, необходимо применять специальные лампы; эта аппаратура требует очень кропотливого налаживания. Кроме того, для связи на 70-сантиметровом диапазоне нужны сложные антенны. Поэтому освоение 70-сантиметрового

диапазона можно начинать лишь после того, как будет накоплен достаточный опыт работы на 2- и 10-метровых диапазонах.

С помощью описываемых в этом разделе Справочника самодельных передатчиков и приемников можно получить достаточно уверенную радиотелефонную связь с другими любительскими станциями, находящимися на расстояниях в несколько десятков километров. При благоприятных условиях (главным образом в дневные часы весной, осенью и зимой) на волнах 10-метрового диапазона, когда эти волны после преломления в ионосфере возвращаются к земной поверхности, удается устанавливать связь с радиолюбительскими станциями, находящимися на расстояниях 2 000—4 000 *км*, а иногда и 15—17 тыс. *км*.

5-2. УКВ ПРИЕМНИКИ

Выбор ламп для приемников

В различных каскадах УКВ приемников применяют широко распространенные приемно-усилительные лампы пальчиковой серии, а именно: в каскадах усиления высокой частоты, смесителях супергетеродинов и в каскадах усиления промежуточной частоты — пентоды 1К1П, 6Ж1П, 6Ж3П, 6Ж4П, 6К4П, 6Ж6С, 6Ж5П, 6Ж9П, тетрод 2П1П, двойные триоды 6Н3П, 6Н15П, триоды 6С1Ж, 6С1П и 6С2П.

Лампу 1К1П применяют в каскадах усиления высокой частоты батарейных приемников. Лампа 2П1П устойчиво работает в режиме сверхрегенеративного детектирования на частотах до 40 *Мгц*.

Триод 6С1Ж и двойной триод 6Н15П могут работать не только на 10- и 2-метровом диапазоне, но и на 70-сантиметровом как в качестве приемно-усилительных, так и в качестве генераторных ламп (в передатчиках).

Пентоды 6Ж3П хорошо работают в первых каскадах усиления ВЧ и в каскадах усиления ПЧ. Из соображений экономичности питания и малогабаритности их применяют также в усилителях НЧ.

Из металлических ламп в высокочастотных каскадах лучше всех работает пентод 6Ж4.

Пентоды 6Ж6С и 6К4 используются главным образом в каскадах усиления промежуточной частоты.

Схема сетевого приемника прямого усиления на два диапазона (рис. 5-1, *а*)

Приемник этот весьма прост по устройству и налаживанию. Рассчитан он для приема на волнах 2- и 10-метровых радиолюбительских диапазонов (144—146 и 28,0—29,7 *Мгц*). Приемник имеет один каскад усиления ВЧ, сверхрегенеративный детектор и два каскада усиления НЧ.

Переключатель $П_1 — П_2$ служит для перехода с одного диапазона на другой. Настройка приемника производится конденсатором C_8, со-

стоящим из двух неподвижных пластин и одной подвижной. Его максимальная емкость — около 8 *пф*. Резонансные контуры L_1 и L_2 C_2 настраиваются на среднюю частоту соответствующего диапазона один раз (при налаживании приемника).

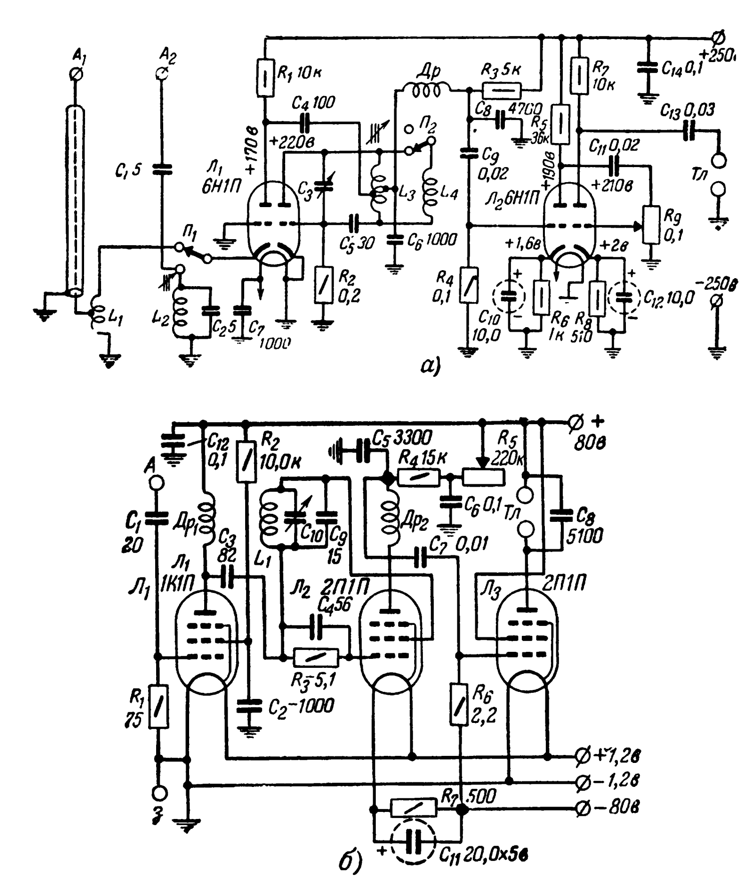


Рис. 5-1. Схемы простых приемников.
а — с питанием от электросети; *б* — с питанием от батарей.

Данные катушек: L_1 — 4 витка ПЭЛ 1,0 с отводом от 1,5-го витка, считая от конца, соединенного с шасси; L_2 — 10,5 витков ПЭЛШО 0,35; L_3 — 12 витков ПЭЛШО 0,35 с отводами от 6-го и 9-го витков, считая от анодного конца: L_4 — 2,5 витка ПЭЛ 1,5. Катушки L_1 и L_4 бескаркасные, диаметр витков соответственно 12 и 15 *мм*; катушки L_2 и L_3 намотаны на каркасах из плексиглаcа или эбонита и имеют карбонильные сердечники диаметром 6 *мм*; внешний диаметр каркасов 10 *мм*.

Дроссель *Др* намотан проводом ПЭЛШО 0,15 на сопротивлении ВС-1 (100 *ком* или более) в один слой.

Выпрямитель монтируется отдельно от приемника. Он должен давать ток 25—30 *ма* при напряжении 250 *в*.

Схема простого батарейного приемника прямого усиления для десятиметрового диапазона (рис. 5-1,*б*)

Приемник рассчитан для работы в десятиметровом диапазоне и имеет апериодический (ненастроенный) каскад усиления ВЧ ($Л_1$,), сверхрегенеративный детектор ($Л_2$), один каскад усиления НЧ ($Л_3$). Катушка L_1 (бескаркасная) должна иметь 12 витков провода диаметром 1,5—1,7 *мм*, ее внутренний диаметр 12 *мм*, расстояние между витками 0,6—0,8 *мм*. Конденсатор C_{10} имеет максимальную емкость 20 *пф*. Дроссели $Др_1$ и $Др_2$ наматываются в один слой проводом ПЭЛШО 0,1 на сопротивлении ВС-0,5 (величиной не менее 100 *ком*) до заполнения.

5-3. ПЕРЕДАТЧИКИ

Установлены три категории передатчиков в зависимости от их мощности. Передатчик III категории может иметь подводимую мощность не более 10 *вт*, II — 40 *вт* и I — 200 *вт*. (Подводимая мощность определяется как произведение постоянной составляющей анодного тока лампы усилителя мощности на ее анодное напряжение.) Начинающим радиолюбителям разрешается работать на передатчиках только III категории. На 2- и 10-метровом диапазонах мощность передатчика не должна превышать 5 *вт* независимо от категории.

Выбор ламп для передатчиков

В маломощных радиопередатчиках, работающих на 10-метровом диапазоне, с успехом можно применять приемно-усилительные пентоды и лучевые тетроды 6П1П, 6П3С, 6П6С, 6П13С, 6П14П, 6П15П и 6П9. Из их числа наиболее подходят лампы 6П14П, 6П15П и 6П3С.

Очень высоким к. п. д. при работе на УКВ (70% на частоте 80 *Мгц*) обладает генераторная лампа прямого накала 6П21С, отдающая мощность до 28 *вт*. Малая тепловая инерция ее нити и сравнительно небольшой ток накала (700 *ма*) позволяют применять эту лампу в передатчиках с питанием от батарей; во время приема можно выключать не только анодное напряжение этой лампы, но и напряжение накала, что повышает срок службы источников питания.

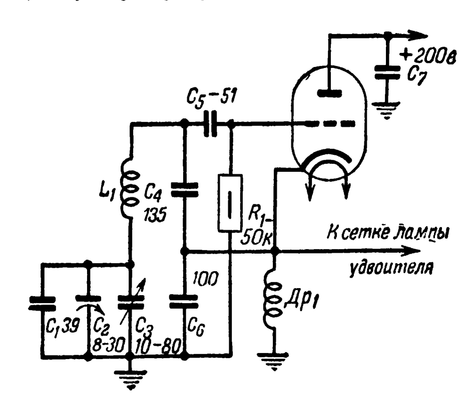
Хорошими лампами для передатчиков, работающих в 2-метровом диапазоне, являются лампы ГУ-32, ГУ-29 и ГИ-30.

Составные части передатчиков

Радиолюбительский УКВ передатчик обычно состоит из задающего генератора, усилителя мощности и модулятора. Между задающим генератором и усилителем мощности может быть ещё умножитель частоты.

Задающий генератор вырабатывает незатухающие колебания, частота которых в большинстве случаев (но не обязательно) в несколько раз меньше рабочей частоты передатчика. Это облегчает получение необходимой стабильности (постоянства) рабочей частоты. Две схемы задающих генераторов показаны на рис. 5-2.

Контурная катушка L_1 верхней схемы рис. 5-2 должна иметь 14 витков медного неизолированного провода диаметром 1 *мм*, намотанного на каркасе диаметром 20 *мм*. Частота генератора здесь выбрана вдвое меньше рабочей (генератор перекрывает диапазон частот 14—14,85 *Мгц*).



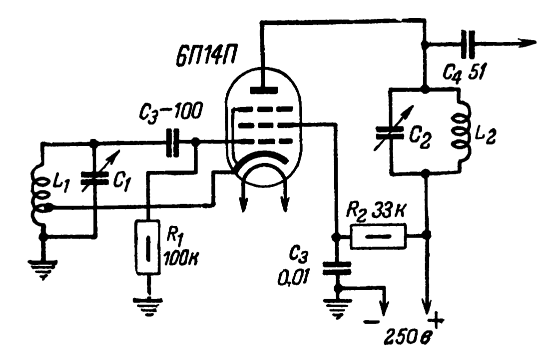


Рис. 5-2. Схемы задающих генераторов.
Верхняя схема на лампе типа 6С5 с емкостным делителем в колебательном контуре; нижняя схема — с электронной связью и с удвоением частоты.

Дроссель $Др_1$ намотан на каркасе диаметром 10 *мм* проводом ПЭЛ 0,35 и содержит 165 витков.

Генератор по нижней схеме рис. 5-2 позволяет осуществлять умножение частоты в контуре L_2 C_2. При выборе данных деталей контуров можно пользоваться табл. 5-1. Наматывая катушки по данным таблицы, следует точно выдерживать указанные в ней основные данные: число витков, длину намотки и диаметр витков. Тип и диаметр провода можно изменять, так как эти величины мало влияют на индуктивность катушки.

Таблица 5-1

Данные деталей колебательных контуров

Диапазон частот контура, *Мгц*	Емкость конденсатора		Катушки индуктивности					
	$C_{макс}$, *пф*	$C_{мин}$, *пф*	Индуктивность, *мкгн*	Марка и диаметр провода, *мм*		Диаметр витка, *мм*	Число витков	Длина намотки, *мм*
3,5— 7,8	100	20	20,3	ПБД	0,64	25	38	32
3,5— 7,8	100	20	20,3	ПБД	0,41	12	80	50
3,5— 7,8	100	20	20,3	ПШД	0,64	38	23	19
3,5— 7,8	100	20	20,3	ПШД	0,80	25	42	45
3,5— 9,6	150	20	14,0	ПШД	0,80	38	17	15
3,5— 9,6	150	20	14,0	Голый	1,00	32	28	38
3,5— 9,6	150	20	14,0	ПШД	0,64	25	25	22
3,5—11,0	200	20	10,3	ПШД	1,00	25	32	50
3,5—11,0	200	20	10,3	ПШД	0,64	12	45	25
7,0—11,0	50	20	10,2	Голый	1,60	50	20	63
7,0—15,6	100	20	5,2	ПШД	0,64	25	16	19
7,0—15,6	100	20	5,2	ПБД	0,51	12	31	25
7,0—15,6	100	20	5,2	Голый	1,00	38	11	19
7,0—15,6	100	20	5,2	»	1,20	38	12	25
7,0—19,0	150	20	3,4	»	1,60	32	13	32
7,0—19,0	150	20	3,4	ПЭЛ	1,00	19	18	25
7,0—19,0	150	20	3,4	Голый	1,00	25	14	25
7,0—22,0	200	20	2,6	ПЭЛ	0,80	38	28	38
7,0—22,0	200	20	2,6	ПШД	0,64	12	20	19
7,0—22,0	200	20	2,6	ПЭЛ	1,00	25	11	19
14—22	50	20	2,6	Голый	1,6	38	9	25
14—22	50	20	2,6	»	1,6	50	9	50
14—31	100	20	1,3	ПЭЛ	1,6	25	8	19
14—38	150	20	0,86	Голый	1,5	32	7	38
14—44	200	20	0,65	ПЭЛ	1,0	12	10	19
14—44	200	20	0,65	ПЭЛ	1,0	38	5	25
28—45	50	20	0,65	Голый	2,1	50	4	45
28—45	50	20	0,65	»	2,0	12	13	38
28—63	100	20	0,32	ПЭЛ	1,0	25	4	12
28—63	100	20	0,32	Голый	2,0	19	5	19
28—77	150	20	0,22	»	1,6	25	4	19

Схема умножителя частоты (рис. 5-3). Анодный контур L_1 C_1 умножителя частоты настраивается на удвоенную или утроенную (по сравнению с задающим генератором) частоту. Наилучшие результаты в этой схеме дают лампы типа 6П15П и 6П9, обладающие высокой крутиз-

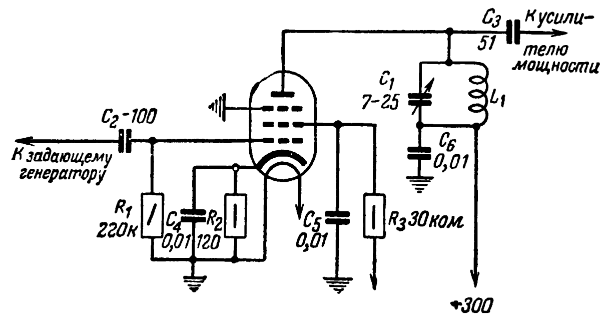


Рис. 5-3. Схема умножителя частоты.

ной характеристики. Для 10-метрового диапазона при использовании в схеме лампы 6П15П катушка L_2 должна иметь 10 витков; диаметр катушки (намотка без каркаса) 20 *мм*; диаметр провода — 2 *мм* (медный, без изоляции).

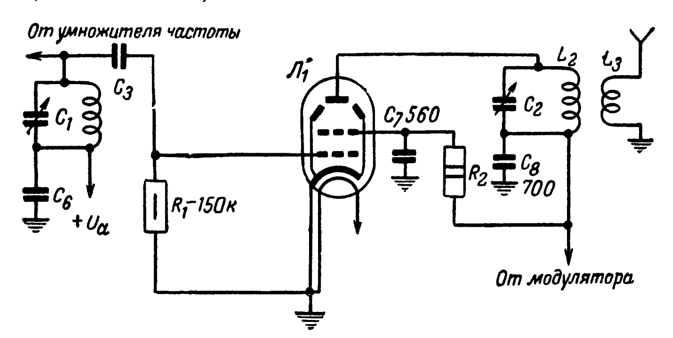


Рис. 5-4. Схема однотактного усилителя мощности.

Схема усилителя мощности (рис. 5-4). Анодный контур L_2C_2 усилителя настраивается на рабочую частоту (ту же, на которую настроен контур удвоителя). Связь между умножителем частоты и усилителем мощности — емкостная.

Схема двухкаскадного передатчика на 10-метровый диапазон (рис. 5-5)

Задающий генератор работает на рабочей частоте; в нем используется лампа 6П14П в триодном режиме. В усилителе мощности может быть применена лампа ГУ-32 ($Л_2$). Связь между анодным контуром задающего генератора и сеточным контуром усилителя мощности — индуктивная. Связь с антенной также индуктивная.

Данные катушек: L_1 — 16 витков неизолированного провода диаметром 1,5 *мм* (на каркасе); L'_2 и L''_2 — по 6 витков того же провода; L'_3 и L''_3 — по 11 витков неизолированного провода диаметром 2,5 *мм*; L_4 — 5 витков провода диаметром 1,5 *мм* для фидера, выполненного из коаксиального кабеля РК-1, РК-3 или 8 витков для кабеля КАТВ

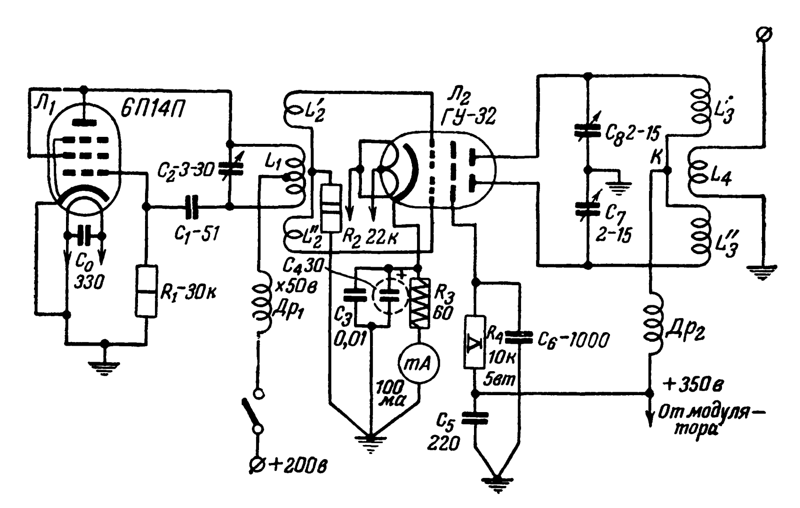


Рис. 5-5. Схема двухкаскадного генератора к передатчику на 10-метровый диапазон. Дроссели содержат по 160 витков провода: $Др_1$ — ПЭЛ 0,12, а $Др_2$ — ПЭЛ 0,15; диаметр каркаса 6—8 *мм*.

при симметричном выходе. Диаметры катушек: L_1, L'_2 и L''_2 — 20 *мм*; L'_3, L''_3 и L_4 — 32 *мм*.

Мощность этого генератора при использовании в усилителе мощности лампы ГУ-32 составляет 10 *вт*.

Выпрямитель для передатчика с генератором, работающим по этой схеме, должен давать ток 160 *ма* при напряжении 350 *в*.

Схема трехкаскадного передатчика на 10-метровый диапазон (рис. 5-6)

Стабильность частоты здесь лучше, чем в предыдущей схеме, благодаря тому, что задающий генератор отделен от усилителя мощности каскадом удвоителя частоты на лампе $Л_2$ и работает на вдвое меньшей частоте. Данные катушек следует взять из описаний предыдущих узлов.

Некоторые трудности, которые могут возникнуть у начинающего радиолюбителя при конструировании и налаживании этого передатчика, целиком окупаются хорошим качеством его работы (с использованием описанного ниже модулятора).

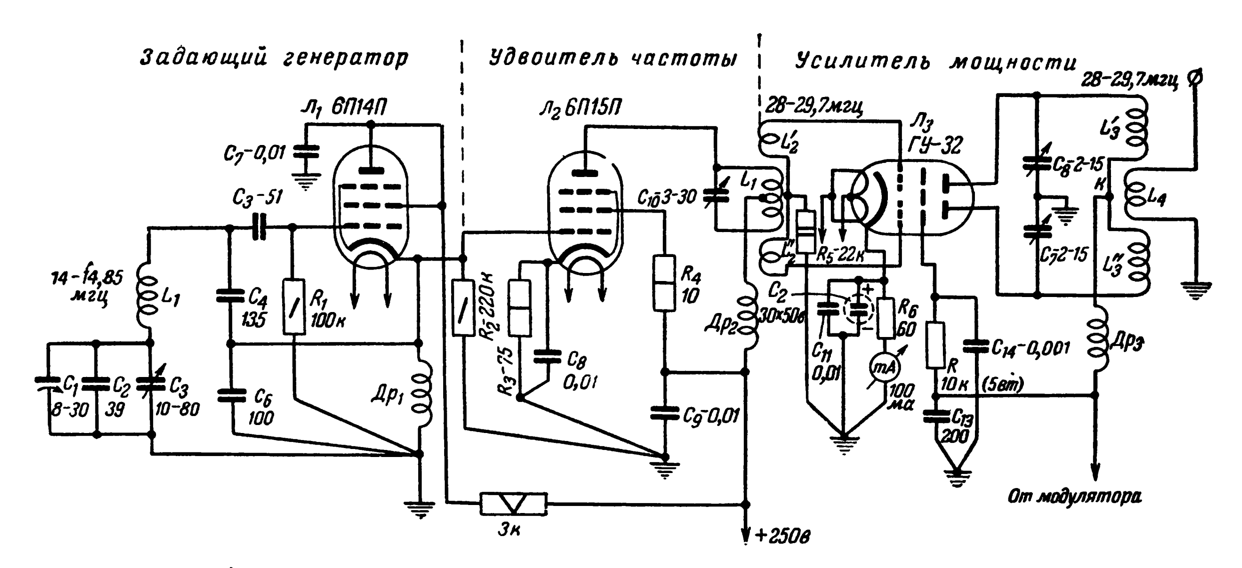


Рис. 5-6. Схема трехкаскадного генератора к передатчику на 10-метровый диапазон.

Дроссели имеют следующие данные: $Др_1$ 260 витков провода ПШО 0,12, $Др_2$ 160 витков ПЭЛ 0,12 и $Др_3$ 160 витков ПЭЛ 0,15; диаметр каркасов 6—8 *мм*; сопротивление R_4 = 10 *ком*.

Модулятор для передатчиков по схемам рис. 5-5 и 5-6

Для обоих описанных генераторов может быть применен модулятор по схеме рис. 5-7. Анодное напряжение на лампах 6П14П оконечного каскада модулятора должно составлять 250 *в*. В качестве модуляционного трансформатора *Тр* можно использовать силовой трансформатор от радиовещательного приемника. Концы повышающей обмотки подключаются к анодам ламп; к выводу от средней точки подводится анодное напряжение. Сетевая обмотка используется как вторичная, через

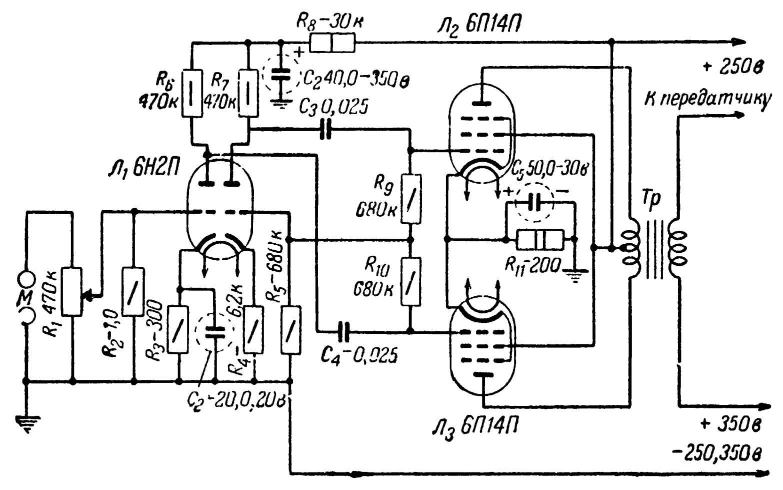


Рис. 5-7. Схема модулятора к передатчику.

нее подается анодное напряжение на лампу ГУ-32 усилителя мощности передатчика. При помощи колодки переключения сетевых обмоток опытным путем подбирается наилучшее соотношение витков обмоток. Чем больше витков будет содержать эта обмотка, тем глубже модуляция, но при этом могут появиться искажения. Наилучшее качество модуляции получается в положении переключателя 127 *в*. Трансформатор обязательно следует заключить в металлический экран. Микрофон — динамический, типа МД-41.

Выпрямитель, питающий модулятор, должен давать ток 70—80 *ма* при напряжении 250 *в*.

Схема простого передатчика с частотной модуляцией на 10-метровый диапазон (рис. 5-8)

Этот передатчик позволяет осуществлять связь на расстояниях 10—15 *км*. Частотная модуляция здесь осуществлена на полупроводниковом диоде (можно применить любой диод от ДГ-Ц1 до ДГ-Ц8). Изменение рабочей частоты осуществляется при помощи короткозамкнутого витка из провода диаметром 1,2—1,5 *мм*; этот виток помещается внутри

катушки L_1. Поэтому диаметр этого витка должен быть несколько меньше внутреннего диаметра катушки L_1. Крепление витка производится следующим образом. К подвижной части испорченного потенциометра СП припаивается гильза от патрона малокалиберной винтовки, затем гильза разогревается и в нее вставляется стерженек из плексигласа; на другом конце стерженька укрепляется виток (рис. 5-8, *б*).

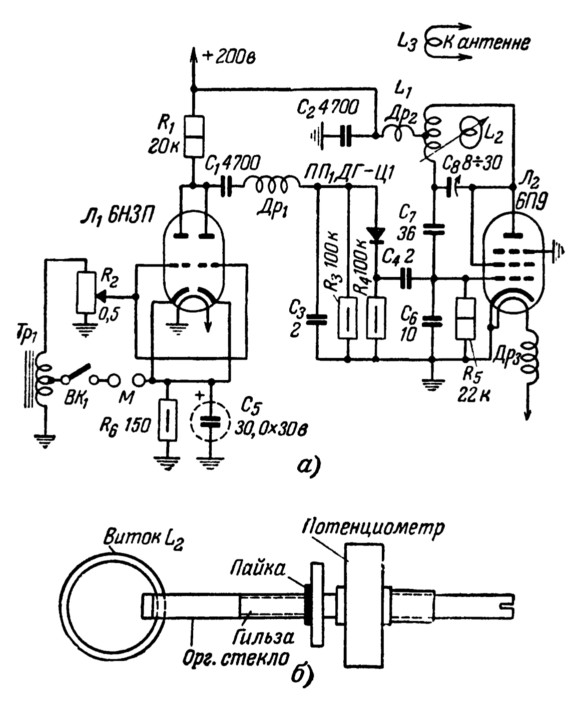


Рис. 5-8. Простой передатчик на 10-метровый диапазон с частотной модуляцией.

а — принципиальная схема; *б* — устройство настройки колебательного контура.

Катушка L_1 содержит 12 витков медного неизолированного провода диаметром 1,5 *мм*; диаметр катушки 30 *мм*; диаметр витка L_2 — 25 *мм*.

Катушка L_3 содержит 4 витка того же провода.

Качество модуляции регулируется подбором величины емкости конденсатора C_6.

$Тр_1$ — выходной трансформатор от приемника «Рекорд»; его вторичная обмотка остается свободной.

Полезная мощность этого передатчика составляет 2 *вт*. Передатчик потребляет ток 40 *ма* при напряжении 200 *в*.

Схема радиотелефонного передатчика на диапазон 144—146 *Мгц* (рис. 5-9)

Эту схему передатчика можно рекомендовать для начала работы на 2-метровом диапазоне. В нем применена одна генераторная лампа, работающая в режиме самовозбуждения, модуляция на экранирующую сетку.

Контурная катушка L_1 выполнена из голого медного посеребренного провода диаметром 4 *мм* в виде квадратного витка со стороной 45 *мм*. Катушка L_2 — прямоугольный виток размером 40 × 40 *мм* из голого медного провода диаметром 2 *мм*. Расстояние между катушками — 15 *мм*, плоскости катушек параллельны. Дроссель $Др_1$ наматывается в один слой проводом ПЭЛ 0,2 на фарфоровом каркасе длиной 50 *мм*

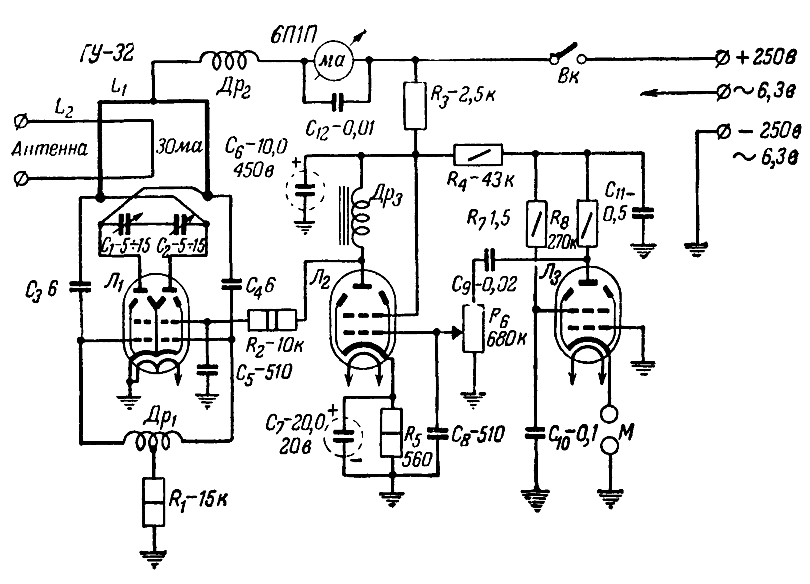


Рис. 5-9. Схема радиотелефонного передатчика на диапазон 144—146 *Мгц*.

от проволочного сопротивления до заполнения, отвод — от середины; дроссель $Др_2$ — из провода ПЭЛ 0,25, намотан на очищенном каркасе от сопротивления ВС-1 до заполнения; сопротивление R_3 — проволочное. Его можно заменить мастичным на мощность рассеяния не менее 5 *вт*. Конденсаторы C_3 и C_4 должны быть обязательно керамическими (КТК, КЭТ, КДК-1 и др.). Конденсаторы связи между каскадами модулятора C_5 и C_9 — слюдяные. Лампа $Л_3$ — 6Ж3П. К остальным деталям особых требований не предъявляется. В качестве низкочастотного дросселя используется первичная обмотка выходного трансформатора от радиовещательного приемника. Полезная мощность этого передатчика около 5 *вт* при анодном напряжении на генераторной лампе 250 *в* и напряжении на экранирующей сетке 135 *в*.

5-4. РАДИОТЕЛЕФОННЫЕ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИЕ РАДИОСТАНЦИИ

Схема радиостанции на 10-метровый диапазон (рис. 5-10)

Эта радиостанция получила распространение среди радиолюбителей. Передатчик работает на двух лампах: модуляторной $Л_1$ и генераторной $Л_2$*; в приемнике применены также две лампы: в усилителе ВЧ 6Н1П и сверхрегенеративном детекторе 6Н15П. Контур L_4C_{20} настраивается на среднюю частоту диапазона (29 *Мгц*), контур L_3C_9 перестраивается в диапазоне 28,0—29,7 *Мгц*. Каркасы катушек применены от приемника «Звезда». Конденсаторы C_6 и C_{10} — из гетеродина телевизора «Темп»; конденсатор C_{20} — типа КПК-1. Наборы деталей для радиостанции можно приобрести через торговую сеть Центросоюза (см. § 16-3).

При работе на прием приемо-передатчик потребляет от выпрямителя ток 28 *ма*, а при работе на передачу — 200 *ма*.

Таблица 5-2

Катушки индуктивности и дроссели в схеме рис. 5-10

Катушка	Число витков	Провод	Индуктивность, *мкгн*
L_1	12	ПЭЛ 2,0	2,6
L_2	3	ПЭЛ 2,0	0,4
L_3	17	ПЭЛ 0,8	4,0
L_4	17	ПЭЛ 0,8	4,0
$Др_1$, $Др_2$, $Др_3$	185	ПЭЛШО 0,12	70

Примечание. Индуктивность указана без сердечников.

Схема приемо-передатчика на 10-метровый диапазон 28,2—29,7 *Мгц* (рис. 5-11)

В приемо-передатчике (трансивере) путем переключения одни и те же лампы и детали поочередно используются и для передачи и для приема. Высокочастотные дроссели содержат по 80—100 витков ПЭЛ 0,12, основанием служит сопротивление типа ВС-1, величиной не менее 100 *ком*.

Катушка колебательного контура L_1 — 19—20 витков провода ПЭЛ 0,8, диаметр каркаса катушки 18 *мм*. Катушка L_2 — 7 витков такого же провода. Трансформатор $Тр_1$ имеет следующие данные: сечение сердечника 0,5 *см*², первичная обмотка 400 витков ПЭЛ 0,3, вторичная — 8 000 витков ПЭЛ-1 0,08. В сетевом варианте могут быть использованы лампы 6С5С, 6П6С (анод соединяется с экранирующей сеткой); в батарейном — 1Н3С, СО-243. Микрофон *М* — угольный.

Выпрямитель для питания приемо-передатчика по схеме рис. 5-11, *б* при напряжении 250 *в* должен обеспечивать ток до 40 *ма*.

Приемо-передатчик по схеме рис. 5-11, *а* при работе на прием потребляет от анодной батареи ток 3 *ма* и при работе на передачу 5 *ма*.

---

* Левый триод лампы работает в модуляторе.

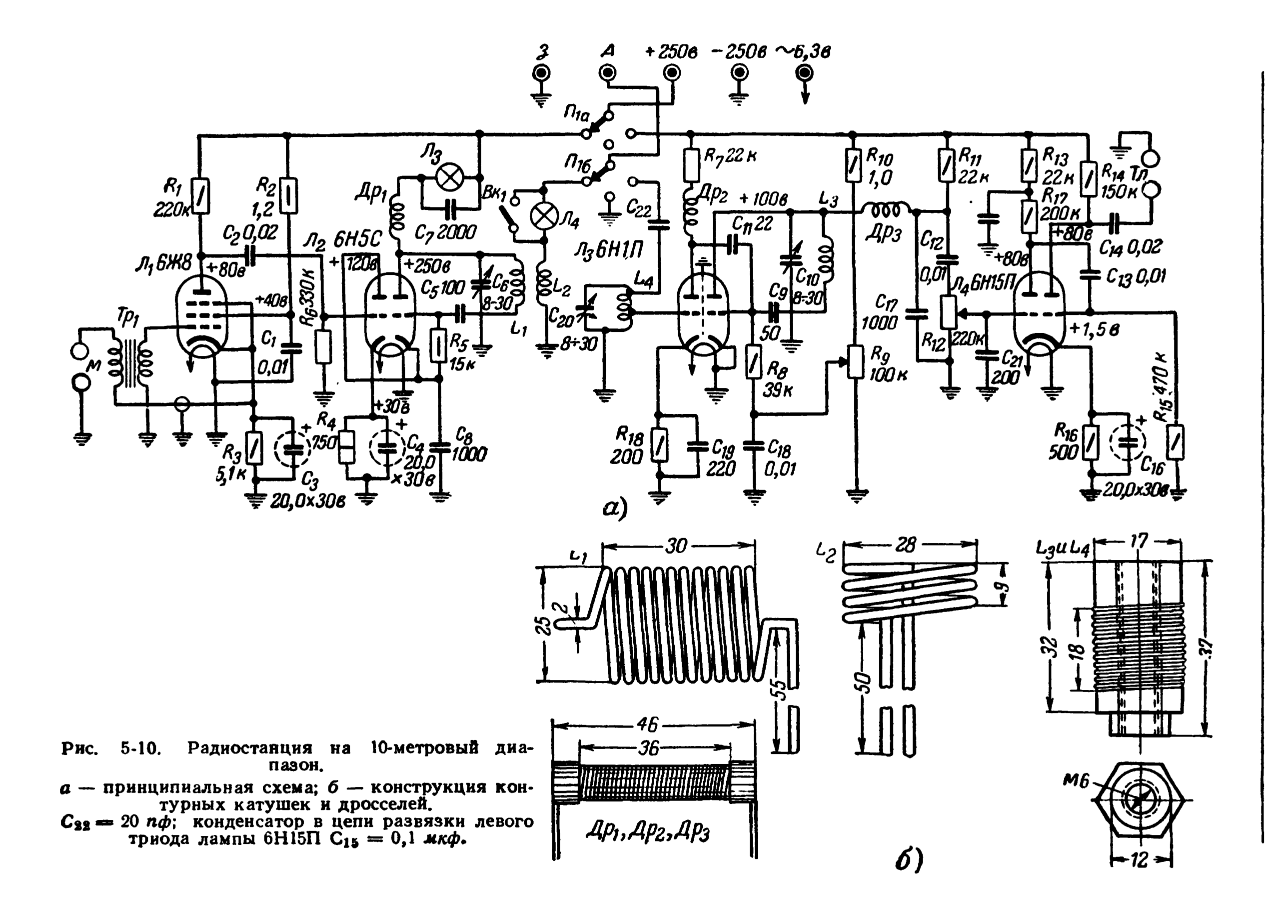


Рис. 5-10. Радиостанция на 10-метровый диапазон.

а — принципиальная схема; *б* — конструкция контурных катушек и дросселей.

C_{22} = 20 *пф*; конденсатор в цепи развязки левого триода лампы 6Н15П C_{15} = 0,1 *мкф*.

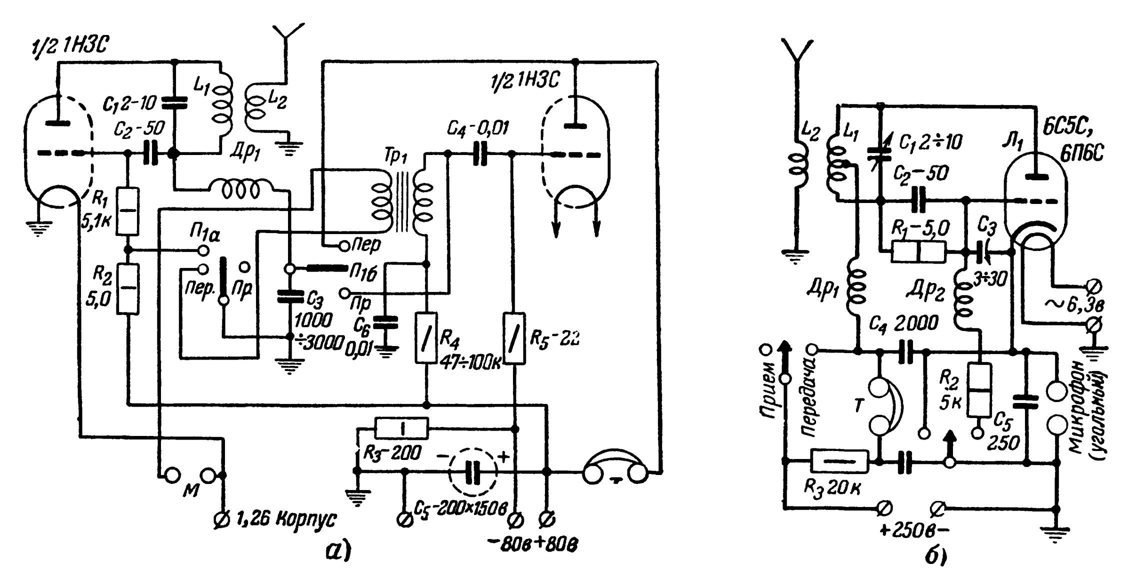


Рис. 5-11. Схемы трансиверов.
а — с питанием от батарей; *б* — с питанием от электросети.

5-5. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ УКВ АППАРАТУРЫ

Для того чтобы передатчик обладал высоким к. п. д., а приемник — большим устойчивым усилением, при конструировании УКВ аппаратуры необходимо учитывать некоторые специфические требования. Контурные катушки должны изготовляться из медного посеребренного провода, медных трубочек или толстой проволоки (в усилителях мощности передатчика); намотка должна быть предельно жесткой. Катушки рекомендуется размещать вблизи панелек соответствующих электронных ламп и вдали от металлических масс. Во избежание потерь энергии следует применять изолирующие материалы только высокого качества (полистирол, высокочастотная керамика); соединительные провода, по которым текут токи высокой частоты, должны быть предельно короткими и прямыми, без изоляции.

В развязывающих цепях и в цепях катодов ламп каскадов усиления ВЧ не следует применять электролитические или бумажные конденсаторы. Все заземляющие проводники, относящиеся к одному каскаду приемника или передатчика, следует соединять с шасси в одной общей точке. Шасси можно делать из меди или латуни; при этом монтаж упрощается (проводники и детали можно припаивать к шасси). Алюминиевые или дюралевые шасси также часто применяют, особенно в легких переносных конструкциях.

Накальные цепи необходимо монтировать витым шнуром в хлорвиниловой или другой прочной изоляции. Один из проводов накала у каждой панельки следует соединять с шасси в общей для данной ступени точке.

Общая конструкция должна быть прочной, а монтаж — предельно жестким (особенно высокочастотной части). Катушки и конденсаторы контуров задающего генератора не должны сильно нагреваться, так как повышение температуры вызовет заметные изменения емкости конденсаторов и индуктивности катушек, что приведет к «уходу» частоты радиостанции.

Стационарную любительскую приемно-передающую станцию желательно выполнять в виде нескольких самостоятельных блоков; такая конструкция облегчает налаживание и ремонт станции. В остальном при монтаже аппаратуры следует руководствоваться указаниями раздела 15 Справочника.

5-6. НАЛАЖИВАНИЕ УКВ ПРИЕМНИКОВ И ПЕРЕДАТЧИКОВ

Налаживание приемников производится в следующей последовательности. Проверяется правильность монтажа, измеряются напряжения на анодах и экранирующих сетках ламп и в случае необходимости путем замены и подбора сопротивлений устанавливается должный режим. Затем проверяется работа низкочастотной части приемника (детекторная лампа вынимается или отключается).

При правильном монтаже усилитель низкой частоты сразу же начинает работать. Убедиться в этом можно, если к управляющей сетке

его первой лампы коснуться каким-либо металлическим предметом, например отверткой. При исправной работе усилителя в телефоне появится фон переменного тока, а при большом усилении — вой и свист.

Затем налаживается сверхрегенеративный детектор. От его работы зависит чувствительность приемника. Для этого детекторная лампа ставится на место и подается питание, усилитель низкой частоты оставляется включенным. При нормальном режиме сверхрегенеративного детектора в телефоне будет слышен характерный шум, похожий на шипение. При отсутствии шума необходимо проверить исправность лампы. Если и при исправной лампе шума не наблюдается, то необходимо добиться его появления, подбирая сопротивление и конденсатор, включенные в цепь сетки детекторной лампы (R_2C_5 — на рис. 5-1, *а*, R_3C_4 — на рис. 5-1, *б* и R_8C_9 — на рис. 5-10, *а*). От их величин зависят усиление и избирательность приемника. При увеличении емкости конденсатора усиление возрастает, а избирательность уменьшается. Опытным путем величину сопротивления подбирают следующим образом. Вместо сопротивления указанной на схеме величины берут сопротивление значительно большей величины, при которой шум будет сопровождаться свистом. Затем это сопротивление заменяют другим, по величине в 12—15 раз меньшим. Необходимой устойчивости режима сверхрегенерации добиваются путем подбора величины емкости конденсатора, включенного между дросселем высокой частоты анодной цепи детекторной лампы и шасси (C_8 — на рис. 5-1, *а*; C_5 — на рис. 5-1, *б*; C_{17} — на рис. 5-10, *а*).

В заключение настраивается каскад усилителя высокой частоты. Апериодический каскад настройки не требует (например, рис. 5-1, *б*), каскад усиления высокой частоты с контуром в цепи сетки настраивается при помощи подстроечного конденсатора C_{20} (рис. 5-10, *а*) или сердечников (рис. 5-1, *а*) до получения наибольшей громкости приема радиостанций. Если максимум громкости не обнаруживается, то следует изменить число витков контурной катушки.

Налаживание передатчика сводится к настройке генератора. Модулятор по существу представляет собой усилитель низкой частоты, о налаживании которого сказано в разделе 3. Если генератор передатчика однокаскадный (рис. 5-8; 5-9; 5-10, *а*; 5-11, *а*; 5-11, *б*), то его налаживание ведут в следующем порядке. Проверяется правильность монтажа, устанавливается наличие колебаний (по свечению лампочки от карманного фонаря, замкнутой на виток, индуктивно связанный с катушкой колебательного контура) и устанавливается нужный диапазон при помощи градуированного приемника. Если окажется, что при полном изменении емкости переменного конденсатора частота колебаний все же лежит вне любительского диапазона, необходимо изменить число витков (на 1—2) контурной катушки. В случае применения в генераторе бескаркасной катушки некоторое изменение индуктивности достигается путем сжатия или растяжения витков катушки.

Расстояние между антенной катушкой и катушкой контура определяется опытным путем во время проведения связей по наилучшей

слышимости у корреспондента. Качество модуляции при исправно работающем модуляторе в однокаскадных передатчиках в значительной мере зависит от этого расстояния. При сильной связи контура с антенной (катушки расположены очень близко одна к другой) модуляция ухудшается, стабильность частоты понижается.

В сложных передатчиках (рис. 5-5 и 5-6) налаживание начинается с проверки работы задающего генератора. Наличие колебаний проверяется способом, указанным выше. Необходимая частота устанавливается изменением емкости конденсатора контура и проверяется при помощи резонансного волномера или градуированного сверхрегенеративного приемника. Во время проверки работы задающего генератора питание удвоителя и усилителя мощности должно быть выключено. Затем питание восстанавливается. Если передатчик двухкаскадный (рис. 5-5), то после настройки задающего генератора приступают к настройке анодных контуров усилителя мощности; сеточные цепи не настраиваются. Резонанс контуров легко обнаруживается по миллиамперметру: при резонансе показания прибора уменьшаются примерно в 2,5—3 раза (с 90—80 до 35—28 *ма*).

На шкале настройки задающего генератора следует сделать отметки границ диапазона. Оценку колебательной мощности грубо можно произвести при помощи лампочки накаливания 25 *вт*, 127 *в* (для схем рис. 5-5, 5-6, 5-9 и 5-10, *а*) или лампочки на 8—12 *в* для передатчиков малой мощности (рис. 5-8, 5-11, *а* и 5-11, *б*). Лампа, подключенная к антенным зажимам передатчика, должна гореть примерно вполнакала.

Если передатчик трехкаскадный (рис. 5-6), то, прежде чем приступить к настройке усилителя мощности, следует настроить контур удвоителя частоты. Для обнаружения резонанса пользуются витком с лампочкой 2,5 *в* на ток 0,075 *ма*. Виток в хлорвиниловой изоляции надо расположить вплотную к катушке удвоителя, затем очень медленно и плавно вращать ротор конденсатора настройки. При резонансе лампочка будет гореть полным накалом. При применении более мощной лампочки (например, 3,5 *в* и 0,28, *а*) и быстром вращении резонанс можно не обнаружить, так как лампочка не успеет при этом заметно накалиться. Если резонанса нет, надо: 1) заменить лампу удвоителя на заведомо исправную; 2) проверить и в случае необходимости установить нужные напряжения; 3) сжать или растянуть витки катушки; 4) увеличить или уменьшить число витков в ней (на 1—2) и повторить настройку. Во время настройки удвоителя во избежание порчи лампы усилителя мощности напряжение анодного питания с нее должно быть снято.

Когда резонанс в промежуточном каскаде получен, приступают к настройке усилителя мощности с применением того же приема, что и для удвоителя частоты. Дополнительный контроль ведется по измерительному прибору.

Число витков катушки антенной связи в схемах рис. 5-5 и 5-6 должно быть в пределах от 4,5 до 8.

5-7. АНТЕННЫ ДЛЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЙ СВЯЗИ (РИС. 5-12)

Для работы в 10-метровом диапазоне (28,0—29,7 *Мгц*) можно применять однофидерную антенну (типа «американка») (рис. 5-12, *а*) или вертикальный штырь (рис. 5-12, *б*). Первая антенна обладает максималь-

Рис. 5-12. Простые антенны для радиостанций на диапазоны 28,0—29,7 и 144—146 *Мгц*.

а — «американка», *б* — штыревая; *в* — с «противовесом»; *г* — волновой канал. *1* — место крепления провода противовеса; *2* — оттяжки противовеса; *3* — фидер; *4* — стакан; *С*, *Д* — места подключения фидера.

ным излучением в направлениях, перпендикулярных горизонтальному проводу, вторая излучает равномерно во всех направлениях (в горизонтальной плоскости). «Американка» выполняется из толстой медной неизолированной проволоки или из антенного канатика. Штыревая антенна состоит из штыря, выполняемого из алюминиевой или латунной

трубки *А* (рис. 5-12) диаметром 12—18 *мм* и согласующего металлического стакана диаметром 25—36 *мм*. Центральная жила кабеля *К* подсоединяется к штырю, оплетка — к стакану. Изолятор *П* изготовляется из плексигласа. При отсутствии трубы для стакана можно вместо него применить «противовес», состоящий из четырех наклонных проводов длиной по 2 *м* 60 *см* каждый. Расположение проводов противовеса видно из рис. 5-12, *в*. В качестве фидера используют коаксиальный кабель РК-1, РК-3 и для антенны с наклонными элементами— кабель РК-6, РК-29. Мачта может быть деревянной.

Для связи на диапазоне 144—146 *Мгц* следует применять более эффективно действующие антены, например типа «волновой канал». Схема антенны такого типа, состоящей из активного петлевого вибратора, рефлектора (отражателя) · и директора (направляющего излучение), приведена на рис. 5-12, *г*. Подробнее о подобных антеннах см. § 6-2 (стр. 234).

5-8. ПРАВИЛА РАБОТЫ НА РАДИОСТАНЦИИ

1. Прежде чем включить передатчик, необходимо проверить, какие частоты уже заняты работающими станциями. Если включить передатчик без прослушивания, то могут быть созданы помехи другой, уже работающей станции, частота которой совпала с частотой включенного передатчика или оказалась близка к ней.

2. До начала работы на связь необходимо прослушать на приемник без антенны работу своего передатчика.

3. Не следует давать чрезмерно длительные (более 1 *мин*) общие вызовы или долго вызывать какую-либо станцию. Несоблюдение этого требования приводит к тому, что корреспондент устает ждать, когда будет назван позывной вызывающей его радиостанции, и прекращает слушать эту станцию, переходя к другой.

4. Нельзя вызывать радиостанцию, которая занята связью с другой станцией или вызывает какого-либо другого корреспондента. Следует уважать своих товарищей и не мешать им работать, терпеливо ожидая полного конца связи.

5. Нельзя без необходимости и произвольно изменять частоту передатчика, так как этим будут созданы помехи другим станциям и тем самым затруднена их работа.

6. Не следует давать общий вызов на частоте, на которой в месте приема много помех. Корреспонденты будут отвечать на этой же частоте, поэтому их сигналы не будут приняты.

Работа станции на одной частоте с корреспондентом облегчает поиск корреспондента, делает связь уверенной и быстрой. Такой прием работы особенно важен при связях с дальними и сверхдальними станциями.

7. Не следует давать многократные вызовы корреспондента на одной и той же частоте. Если он не ответил, надо немного изменить частоту передатчика и повторить вызов.

8. Не рекомендуется ответ давать слишком продолжительно, так как прохождение УКВ может быстро ухудшиться (имеются в виду связи на больших расстояниях) и связь окажется незаконченной. Прежде всего

необходимо обменяться РСМ и уже затем можно передать другие, более длительные по времени сообщения. Если РСМ приняты и подтверждены, то связь считается состоявшейся, несмотря на то, что она может быть и не закончена.

9. Нельзя продолжать работу на прежней частоте, если до этого (в предыдущей связи) оператор сам настраивался на частоту корреспондента, желая установить с ним связь.

Если этого не принять во внимание, то общие вызовы для следующей связи будут даны двумя станциями почти одновременно и на одной и той же частоте. Понятно, что эти вызовы не будут приняты корреспондентами из-за взаимных помех. Чтобы этого не случилось, следует одной из радиостанций изменить рабочую частоту; ее меняет та станция, которая последней заняла эту частоту.

10. Категорически запрещается вести связь радиотелефоном на частотах 28,0—28,2 *Мгц*, которые отведены для радиотелеграфной связи между радиолюбителями всех стран мира.

11. Запрещается: передавать сведения, не подлежащие передаче по радио; применять произвольные шифры, коды и сокращения; пользоваться неприсвоенным позывным; работать без передачи своего позывного в начале и конце связи; работать на частотах, расположенных вне любительских диапазонов или в неприсвоенном диапазоне; использовать передатчик, мощность которого превышает разрешенную; вступать в связь с радиостанциями, работающими без позывных; вступать в связь с радиостанциями различных ведомств.

5-9. ШКАЛЫ РСМ

При связи между собой радиолюбители передают сведения о качестве принимаемых радиотелефонных сигналов, пользуясь приводимыми ниже шкалами РСМ.

Шкала разбираемости — Р

Р1 — сигналы разобрать невозможно.
Р2 — сигналы разбираются частично н с трудом.
Р3 — разбираемость средняя.
Р4 — разбираемость хорошая.
Р5 — сигналы разбираются отлично.

Шкала слышимости (громкости) — С

С1 — еле слышно, ничего разобрать нельзя.
С2 — очень слабая громкость, разбираются отдельные сигналы.
С3 — слышно слабо; разобрать все можно, но с большим трудом.
С4 — громкость достаточная для приема с некоторым напряжением слуха.
С5 — средняя громкость, достаточная при отсутствии помех.
С6 — средняя громкость, принимать легко.
С7 — громкая, хорошая слышимость.
С8 — весьма громкая слышимость (даже на расстоянии от телефона).
С9 — очень громкий прием (на громкоговоритель).

Шкала качества модуляции — М

М1 — очень плохая модуляция, ничего разобрать нельзя.
М2 — плохая модуляция, разбираются отдельные слова.
М3 — разбираются все слова, но искажения весьма заметны.
М4 — хорошая модуляция.
М5 — прекрасная передача без всяких искажений.

Пример. РСМ 465 означает: разбираемость хорошая, громкость средняя (принимать передачу легко), прекрасная передача без всяких искажений.

5-10. АППАРАТНЫЙ ЖУРНАЛ РАДИОСТАНЦИИ

Операторы индивидуальных и коллективных радиостанций обязаны вести аппаратный журнал по следующей форме:

№ связи	Позывной вызванной радиостанции	Краткое содержание		Время (МСК)		Отметка об отправлении карточки-квитанции	Примечание
		принятого текста (РСМ)	переданного текста (РСМ)	начала связи	окончания связи		

Журнал является официальным документом; записи в нем периодически проверяются представителями инспекции электросвязи.

В журнале записываются все без исключения случаи работы радиостанции на передачу. Общие вызовы, а также все вызовы других радиостанций обязательно фиксируются независимо от того, была ли установлена связь или нет.

РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ

ПРИЕМНЫЕ АНТЕННЫ

6-1. АНТЕННЫ ДЛЯ ПРИЕМА РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

Комнатные антенны

Комнатные антенны применяют для приема радиостанций на супергетеродинный приемник или приемник прямого усиления. На детекторный приемник с комнатной антенной можно слушать только передачи местных радиовещательных станций. Удовлетворительный

прием может быть получен на антенну длиной 1—1,5 *м*. Прием будет несколько лучше, если она имеет длину 6—8 *м*. Провод антенны (голый или изолированный) укрепляют по углам комнаты на фарфоровых роликах. Один конец провода подводят к радиоприемнику. На верхних этажах зданий провод можно натягивать на плинтусах.

Рис. 6-1. Спиральная комнатная антенна.
1 — изоляторы; *2* — спираль из провода; *3* — снижение.

Комнатную антенну можно укрепить на настенном ковре: провод длиной 10—12 *м* и диаметром 0,6—0,8 *мм* пришивают суровыми нитками с обратной стороны ковра по его краям. Один конец провода подводят к приемнику.

Можно сделать спиральную антенну (рис. 6-1). Спираль наматывается из медной проволоки длиной 12—15 *м* плотными рядами на круглую палку диаметром 15—30 *мм*. Чтобы спираль не вытягивалась, ее подвешивают к стенам комнаты на тонкой бечевке.

Комнатная антенна должна находиться как можно дальше от проводов электросети, телефона, радиотрансляции и др. Для уменьшения помех антенну следует располагать по возможности перпендикулярно этим проводам.

В качестве антенны могут быть использованы металлические стержни для гардин или занавесей.

Радиоприемники с большой чувствительностью позволяют вести прием на магнитную антенну, расположенную внутри приемника (см. § 3-4).

Электросеть в качестве антенны

В качестве антенны можно использовать провода электросети, если напряжение в ней не превышает 220 *в*. Для этого гнездо «Антенна» приемника соединяют с одним из проводов электросети через слюдяной конденсатор емкостью 330—1 000 *пф* на рабочее напряжение не менее 500 *в* (рис. 6-2). Последний практически не пропускает переменного тока с частотой сети, а токи ВЧ, возникающие в проводах электросети под воздействием радиоволн, свободно проходят через него в радиоприемник. Для предохранения радиоприемника от повреждения при случайном пробое конденсатора последовательно с ним нужно включить плавкий предохранитель на ток не более 0,25 *а*. В какое из гнезд штепсельной розетки следует включать конденсатор, нужно установить опытным путем, так как от этого иногда зависит громкость приема.

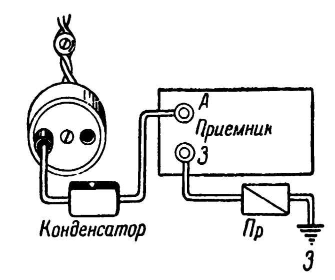


Рис. 6-2. Использование электросети в качестве антенны.

Г-образная наружная антенна

Для приема дальних радиостанций используются, как правило, наружные антенны. На детекторный приемник они позволяют вести прием радиостанций до 300—500 *км*.

Наиболее распространена Г-образная однопроводная антенна (рис. 6-3). Типовой приемной антенной считают такую антенну с длиной горизонтальной части около 30 *м* при высоте ее подвеса 15 *м*. Увеличение размеров антенны целесообразно только при приеме на детекторный приемник.

Г-образные антенны наиболее подходят для сельских местностей и небольших городов. В качестве опор для их подвески могут быть использованы специальные мачты, высокие здания, деревья и т. п.

При выборе места для антенны нужно стремиться к максимальному удалению ее от различных проводов и электроустановок. Желательно

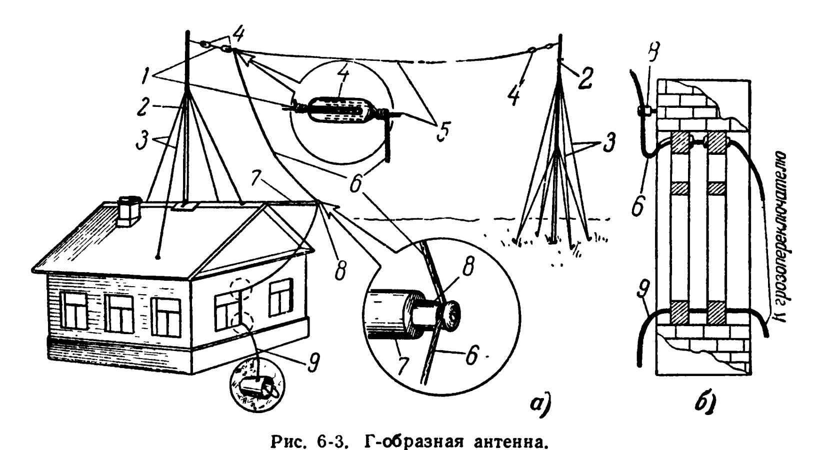


Рис. 6-3. Г-образная антенна.

а — устройство антенны; *б* — устройство ввода;
1 — веревка или трос; *2* — мачта; *3* — оттяжки мачты; *4* — изоляторы; *5* — горизонтальная часть антенны; *6* — снижение; *7* — шест; *8* — фарфоровый ролик; *9* — провод заземления.

располагать антенну так, чтобы ее горизонтальная часть была перпендикулярна расположенным вблизи проводам электросети, телефона и т. д.

Провод для антенны. Горизонтальную часть антенны и снижение рекомендуется выполнять из одного куска провода. Лучше всего применить антенный канатик — многожильный провод, свитый из медных проволок (см. табл. 6-1), или медную проволоку диаметром 1,5—2 *мм*. Можно использовать и стальную оцинкованную проволоку диаметром 2—3 *мм*. Не рекомендуется применять медную или стальную проволоку тоньше 1,5 *мм*, а также алюминиевую и латунную, которая во влажной атмосфере быстро становится хрупкой и обрывается.

Антенный канатик можно изготовить самостоятельно, скрутив 6—8 кусков проволок диаметром 0,2—0,4 *мм*.

Изоляция антенны. Горизонтальная часть антенны с обоих концов изолируется от точек крепления фарфоровыми изоляторами (можно использовать фарфоровые ролики). Они необходимы для предотвращения утечки токов ВЧ из антенны в землю через мачты или деревья, на которых она подвешена.

Таблица 6-1

Выбор длины и диаметра провода или канатика для антенны в зависимости от расстояния между опорами

Расстояние между опорами, *м*	Длина провода, *м*	Диаметр провода, *мм*		Число и диаметр жил канатика, *мм*	
		Бронза	Красная медь	Бронза	Красная медь
25	26	1,0	1,6	7 × 0,35	7 × 0,5
40	41	1,5	2,1	7 × 0,5	7 × 0,67
50	52	2,1	2,6	7 × 0,67	19 × 0,52
60	62	2,1	3,0	7 × 0,67	7 × 1,0
70	72	2,6	3,0	7 × 0,67	7 × 1,0
80	82	2,6	3,2	19 × 0,52	19 × 0,64

Примечание. Алюминиевый провод и канатик должны иметь сечение, в 3 раза большее, чем бронзовый.

Снижение антенны не должно прикасаться к крыше, деревьям и другим предметам. При необходимости снижение отводят от крыши шестом длиной 1—1,5 *м* с укрепленным на конце роликом.

Ввод снижения антенны в здание делают через просверленное в оконной колоде или раме отверстие (рис. 6-3, *б*). Провод изолируют от рамы.

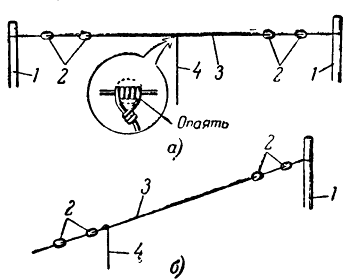


Рис. 6-4. Т-образная (*а*) и наклонная (*б*) антенны.
1 — мачта; *2* — изоляторы; *3* — горизонтальная или наклонная часть; *4* — снижение.

Т-образная и наклонная антенны

Однолучевая Т-образная антенна выполняется так же, как и Г-образная, с той лишь разницей, что снижение делают от середины горизонтальной части (рис. 6-4, *а*). Наклонная антенна — из наклонного провода длиной 6—10 *м* (рис. 6-4, *б*).

Такие антенны целесообразно делать в городах. Их также нужно располагать по возможности дальше от электрических, трансляционных и других линий.

Г-образная, Т-образная и наклонная антенны примерно равноценны по своим качествам, и выбор той или иной антенны следует производить исходя из наличия местных предметов, которые можно использовать для подвески антенны.

Метелочная антенна

Метелочная антенна состоит из связанных в пучок 30—40 кусков голой медной проволоки диаметром 1,0—1,5 *мм*, длиной 300—350 *мм* и снижения (рис. 6-5). Куски проволоки стягивают с одного конца

такой же проволокой, спаивают между собой, вставляют в изолятор и закрепляют в нем при помощи вара или смолы, что предохраняет от проникновения воды к местам соединения кусков провода и снижения. Можно использовать фарфоровый или стеклянный изолятор, применяемый для подвески проводов на столбах. Вместо него можно применить толстостенный фарфоровый или стеклянный стакан. Метелка укрепляется хомутиком из полосовой стали на деревянной мачте высотой 4—6 *м*. Ввод от метелочной антенны в помещение делается так же, как и у описанных выше антенн. Метелочная антенна обеспечивает на трех — пятиламповый приемник прием радиовещательных станций на расстояния до 1 000—1 500 *км*, причем атмосферные помехи влияют на нее несколько меньше, чем на Г- или Т-образную наружную антенну.

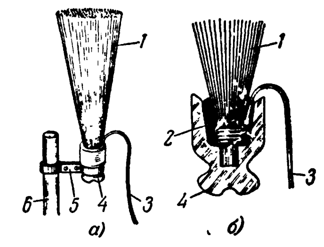


Рис. 6-5. Метелочная антенна. *1* — пучок проволок; *2* — заливка варом или смолой; *3* — снижение; *4* — изолятор; *5* — хомутик; *6* — мачта.

Грозозащита антенн

Внутри здания у места ввода снижения устанавливают грозовой переключатель (рис. 6-6), чтобы заземлять антенну во время грозы.

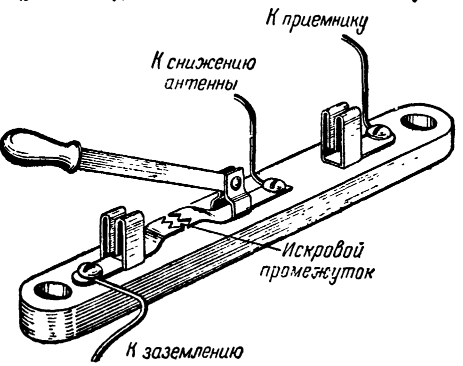


Рис. 6-6. Грозопереключатель.

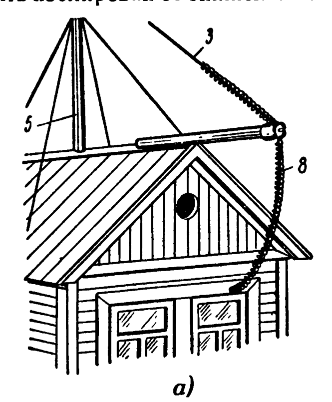
Грозопереключатель имеет искровой разрядник — две зубчатые пластинки, между которыми имеется промежуток. При возникновении в антенне зарядов атмосферного электричества в то время, когда она соединена с приемником, между зубцами разрядника будут проскакивать электрические искры, отводя заряды в землю, минуя приемник.

Антишумовые антенны

Индустриальные помехи наиболее сильно воздействуют на снижение антенны. Следовательно, чтобы антенна была менее чувствительной к таким помехам, необходимо защитить от воздействия помех главным образом снижение. Такая антенна называется антишумовой,

Однако антишумовая антенна дает более низкий уровень сигнала на входе приемника, чем обычная антенна таких же размеров.

Простейшей антишумовой антенной является Г-образная антенна, снижение которой обмотано изолированным проводом диаметром 0,25—0,35 *мм* на расстоянии 0,5—0,7 *м* от горизонтальной части антенны и до гнезда «антенна» радиоприемника (рис. 6-7, *а*). Провод наматывается плотно виток к витку; он служит экраном. Экран должен быть надежно соединен с заземлением. В качестве экрана можно применить гибкий металлический чулок. Он должен быть изолирован от снижения. Снижение можно сделать из коаксиального кабеля типов РК-1, РК-3, РК-4 и т. п. Верхний конец центральной жилы кабеля припаивают к горизонтальной части антенны, нижний конец этой жилы соединяют с гнездом «Антенна», а оплетку кабеля — с гнездом «Земля» радиоприемника.



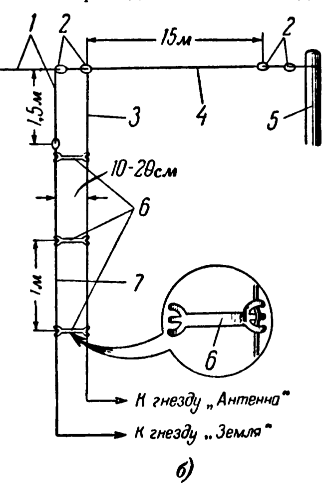


Рис. 6-7. Антишумовые антенны.

а — с экранированным снижением; *б* — с двумя снижениями; *1* — трос или веревка; *2* — изоляторы; *3* — основное снижение; *4* — горизонтальная часть антенны; *5* — мачта; *6* — распорки; *7* — второе снижение; *8* — экран.

Антишумовая антенна, показанная на рис. 6-7, *б*, отличается от обычной Г-образной тем, что имеет второе снижение, начинающееся ниже основного. Оба снижения идут параллельно. Антенну и оба снижения лучше всего сделать из антенного канатика. Снижения изолированы друг от друга распорками из текстолита, гетинакса или иного изоляционного материала.

Основное снижение соединяют с гнездом «Антенна» приемника, а второе — с гнездом «Земля».

Оба снижения по окончании приема и во время грозы заземляют при помощи двух отдельных грозопереключателей.

Антенны для приема радиовещательных передач на УКВ

Для приема УКВ — ЧМ радиовещательных станций на радиоприемники, имеющие УКВ диапазон, следует пользоваться отдельной УКВ антенной. Если УКВ станция расположена близко, удовлетворительный

прием получается на УКВ антенну, находящуюся внутри приемника, или на комнатную антенну.

Если же прием ведется в некотором отдалении от радиовещательной УКВ станции, следует пользоваться наружной УКВ антенной.

Комнатная или наружная УКВ антенна устраивается согласно рис. 6-9, *а*, при этом $l = 1\ 030$ *мм*.

6-2. ПРИЕМНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ АНТЕННЫ

Комнатные антенны

На расстоянии 10—20 *км* от телецентра телевизионные сигналы можно принимать на комнатную антенну КТТА (рис. 6-8). Она состоит из двух вибраторов (лучей), каждый из которых образуется из нескольких трубок, входящих одна в другую. Антенна может быть применена для приема сигналов телецентров, использующих любой из первых пяти частотных телевизионных каналов (см. стр. 191). Настройка антенны на требуемый частотный канал производится изменением длины ее лучей, руководствуясь табл. 6-2.

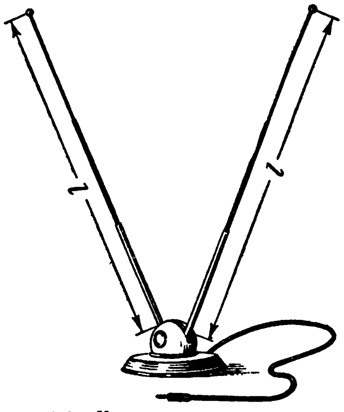


Рис. 6-8. Комнатная телевизионная антенна КТТА.

Для получения наилучшего приема нужно при приеме опытным путем подобрать угол между лучами антенны и ее направлением на телецентр. Существенное значение для приема на комнатную антенну имеет выбор места ее установки в комнате.

Комнатная антенна может быть выполнена из антенного канатика или провода диаметром 1,5—2 *мм*, а фидерная линия (снижение) из обыкновенного осветительного шнура (рис. 6-9, *а*, табл. 6-2). Лучше снижение сделать из экранированного кабеля РК-1 или РК-3.

Простые наружные телевизионные антенны

На расстояниях 25—40 *км* от телевизионного центра, а также более близких расстояниях, но при неблагоприятных условиях приема (в окружении высоких зданий, при наличии вблизи источников интенсивных индустриальных помех), необходимо применять наружные антенны. На расстояниях 50—80 *км* от телевизионного центра и более близких расстояниях, но при плохих условиях приема (в основном большого количества помех) необходимо применять многоэлементные антенны.

При приеме телевизионных сигналов на расстояниях более 80—100 *км* необходимо применять сложные многоэлементные антенны с добавочными усилительными приставками.

Наружную антенну можно изготовить из медных, латунных или алюминиевых трубок (вибраторов) диаметром 10—20 *мм*, которые укреп-

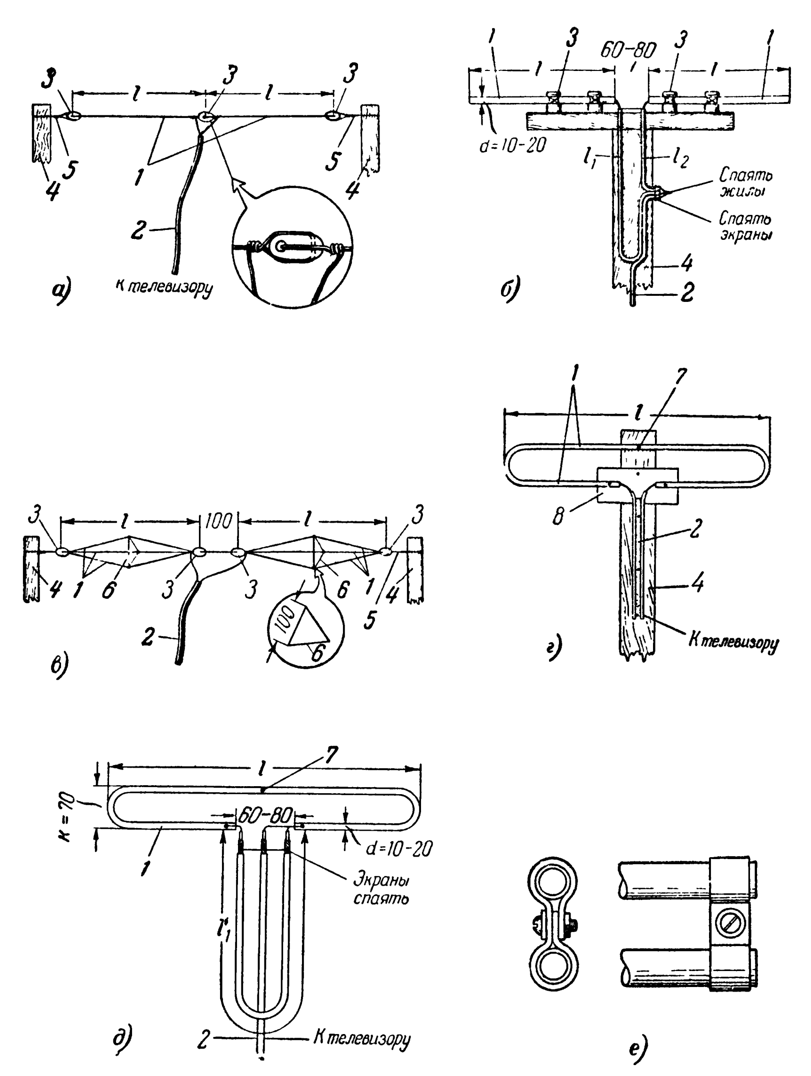


Рис. 6-9. Телевизионные антенны.

а — простейшая антенна; *б* — антенна из прямых трубок с фидерной линией из коаксиального кабеля типа РК; *в* — антенна, выполненная из нескольких проволок; *г* — петлевая антенна со снижением из кабеля КАТВ; *д* — то же со снижением из коаксиального кабеля типа РК; *е* — соединение трубок петлевой антенны.

1 — провод либо трубка (вибратор); *2* — снижение (фидер) к телевизору; *3* — изоляторы; *4* — мачта; *5* — веревка (оттяжка); *6* — треугольник; *7* — место крепления к мачте и присоединения заземления; *8* — изоляционная планка.

ляются к металлической или деревянной мачте при помощи фарфоровых роликов (рис. 6-9, *б*). Вместо них можно применить изоляторы из текстолита или гетинакса. Длина трубок выбирается по табл. 6-2. Для удовлетворительного приема телевизионных сигналов первого и третьего каналов на одну антенну вблизи от телецентра длина $l = 1\,000 \div 1\,100$ *мм*, $l_1 = 2\,100$ *мм* и $l_2 = 800$ *мм*. Оплетку и жилу фидера следует припаивать к внутренним стенкам трубок.

Таблица 6-2

Размеры телевизионных антенн

Номер телевизионного канала	Размеры элементов антенн по рис. 6-8 и 6-9, *а—в*			Размеры элементов антенн по рис. 6-9, *г*, *д*	
	l, *мм*	l_1, *мм*	l_2, *мм*	l, *мм*	l_1, *мм* (*U* — колено)
1	1 380	2 850	950	2 760	1 900
2	1 170	2 420	810	2 340	1 600
3	910	1 860	620	1 790	1 240
4	825	1 680	560	1 620	1 120
5	745	1 545	515	1 510	1 030
6	395	860	280	780	560
7	370	810	270	780	560
8	356	775	255	710	500
9	342	745	245	710	500
10	328	715	240	650	460
11	309	675	225	650	460
12	302	657	220	650	460

Вместо трубок можно применить металлические полосы, уголки и медный провод диаметром 1—2 *мм*. В последнем случае каждое плечо антенны состоит из трех проводников одинаковой длины, спаянных на концах (рис. 6-9, *в*). На середине проводники разводятся и припаиваются к углам треугольной металлической пластинки толщиной 1,5—2 *мм*.

Петлевая антенна (петлевой вибратор) (рис. 6-9, *г* и *д*) обеспечивает лучшее качество приема изображения, чем антенна из двух прямых трубок. Ее изготовляют из медной или алюминиевой трубки диаметром 10—20 *мм*. Если трубку трудно изогнуть, антенну можно изготовить из прямых отрезков трубки, соединив их перемычками (рис. 6-9, *е*).

Середина верхней части трубки крепится непосредственно к мачте без изоляции. Концы нижних трубок антенны крепятся болтиками к изоляционной планке (из гетинакса или текстолита).

Антенну желательно устанавливать не ближе 1,5 *м* от окружающих предметов. Оси трубок должны быть перпендикулярны направлению на телецентр. Наилучшее положение антенны выбирается опытом.

Антенна соединяется с телевизором, имеющим входное сопротивление 75 *ом* (см. табл. 4-2 на стр. 196), фидерной линией, выполненной из коаксиального кабеля РК-1, РК-3, РК-4, РК-20 или РК-49 с помощью U - образного отрезка из того же кабеля длиной l_1 (рис. 6-9, *д*), а с телевизором, имеющим входное сопротивление 300 *ом*, — из ленточного

кабеля КАТВ. Если же телевизор имеет входное сопротивление 300 *ом*, а фидерная линия выполнена из кабеля типа РК, она подключается к телевизору через придаваемое к нему согласующее устройство.

Многоэлементные антенны типа «волновой канал»

Многоэлементные антенны применяют для приема сигналов на больших расстояниях от телецентра и в случае, когда нужно ослабить действие помех. В многоэлементной антенне параллельно петлевому вибратору на определенных расстояниях от него в горизонтальной плоскости располагают еще один или несколько вибраторов в виде прямых

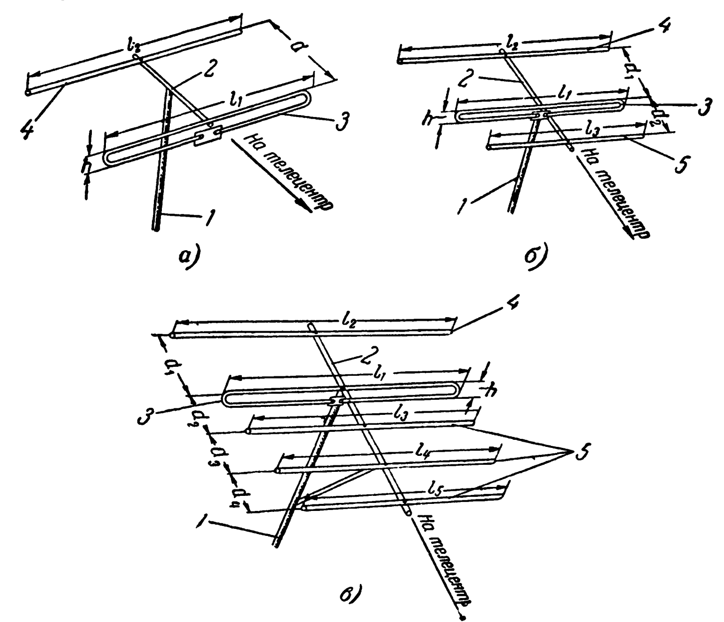


Рис. 6-10. Антенны типа «волновой канал».
а — двухэлементная; *б* — трехэлементная; *в* — пятиэлементная.
1 — мачта; *2* — стрела; *3* — активный петлевой вибратор; *4* — рефлектор; *5* — директор.

отрезков стальных, латунных или дюралюминиевых трубок диаметром 10—20 *мм* (рис. 6-10, *а*, *б*, *в*). Они не подключаются к фидерной линии и носят название пассивных вибраторов. Основной же вибратор в этом случае принято называть активным.

Если пассивный вибратор расположен со стороны, противоположной направлению на телецентр, то он называется рефлектором. Пассивные вибраторы, расположенные перед активным, называются директорами.

Активный и пассивные вибраторы закрепляются на общей стреле без изоляторов. Стрела изготовляется из металлической трубы или

деревянного бруска такого сечения, которое обеспечивает нужную механическую прочность антенны, и устанавливается на металлической или деревянной мачте. Геометрические размеры многоэлементных антенн при диаметре трубок 10—20 *мм* и расстоянии h=80 *мм* приведены в табл. 6-3—6-5. Подключение коаксиального кабеля к активному вибратору многоэлементной антенны производится согласно рис. 6-9, *д*.

Таблица 6-3

Геометрические размеры двухэлементной антенны по рис. 6-10, *а*

Номер телевизионного канала	Размеры, *мм*			Длина *U*-колена l_1, *мм* по рис. 6-9, *д*.	Номер телевизионного канала	Размеры, *мм*			Длина *U*-колена l_1, *мм* по рис. 6-9, *д*.
	l_1	l_2	d			l_1	l_2	d	
1	2 560	3 140	900	1 900	7	730	890	255	535
2	2 180	2 680	760	1 600	8	700	850	240	515
3	1 700	2 060	590	1 240	9	670	815	230	495
4	1 530	1 870	535	1 120	10	640	785	225	475
5	1 400	1 710	490	1 030	11	620	760	220	455
6	760	930	270	560	12	595	730	215	440

Таблица 6-4

Геометрические размеры трехэлементной антенны по рис. 6-10, *б*

Номер телевизионного канала	Размеры, *мм*					Длина *U*-колена l_1, *мм* по рис. 6-9, *д*.
	l_1	l_2	d_1	l_3	d_3	
1	2 760	3 350	900	2 340	600	1 900
2	2 340	2 840	760	2 000	510	1 600
3	1 790	2 200	590	1 550	395	1 240
4	1 620	2 000	535	1 400	355	1 120
5	1 510	1 830	490	1 290	330	1 030
6	815	990	270	690	180	560
7	780	950	255	660	170	535
8	745	905	240	630	160	515
9	720	870	230	610	155	495
10	690	840	225	585	150	475
11	665	805	220	560	145	455
12	640	780	215	545	140	440

Двухэлементная антенна (активный вибратор с рефлектором) применяется при приеме сигналов на расстояниях 30—40 *км* от телецентра, трехэлементная (активный вибратор, рефлектор и директор) — на рас-

стояниях 40—50 *км*, пятиэлементная (активный вибратор, рефлектор и три директора) — на расстояниях 50—80 *км*. Эти расстояния являются ориентировочными для случая приема первой программы Московского телецентра при высоте установки антенны 15—20 *м* от поверхности земли.

Таблица 6-5

Геометрические размеры пятиэлементной антенны по рис. 6-10, *в*

Номер телевизионного канала	Размеры, *мм*									Длина *U*-колена l_1, *мм* по рис. 6-9, *д*
	l_1	l_2	d_1	l_3	d_2	l_4	d_3	l_5	d_4	
1	2 760	3 130	1 200	2 510	730	2 490	700	2 430	740	1 900
2	2 340	2 650	1 030	2 130	620	2 100	590	2 060	625	1 600
3	1 790	2 060	790	1 650	480	1 630	460	1 600	485	1 240
4	1 620	1 870	720	1 500	435	1 485	420	1 450	440	1 120
5	1 510	1 710	660	1 370	400	1 360	380	1 330	400	1 030
6	730	840	325	720	210	720	500	700	420	560
7	690	840	310	680	210	680	530	660	365	535
8	680	800	300	660	210	660	490	650	370	515
9	660	760	290	640	160	610	450	610	380	495
10	605	700	260	610	190	610	445	610	315	475
11	580	710	260	580	190	580	390	570	350	455
12	550	680	240	560	250	560	385	530	340	440

Двенадцатиканальная антенна

Хороший прием сигналов телецентров, работающих на частотах любого из 12 каналов, можно получить на антенну, конструкция которой приведена на рис. 6-11. Вибраторы антенны укреплены на двух стрелах, изготовленных из алюминиевых или тонкостенных латунных труб длиной 1 850 *мм* и диаметром 40—60 *мм*, закрепленных на деревянной части мачты (рис. 6-11, *б*). На каждой стреле располагается по 13 вибраторов, изготовленных из отрезков трубок диаметром 16—24 *мм* из того же материала.

Вибраторы должны иметь следующие размеры: 310, 415, 490, 585, 690, 820, 975, 1 170, 1 380, 1 650, 1 965, 2 335, 2 770 *мм*.

На каждую стрелу нужно изготовить по одному вибратору всех указанных размеров.

Алюминиевые вибраторы свариваются, а латунные спаиваются в местах стыков между собой и со стрелой медным или серебряным припоем. Фидер антенны может быть выполнен из коаксиального кабеля РК-1, РК-3, РК-4, РК-20, РК-49. Кабель продевается внутрь нижней стрелы с ее нижнего конца и разделывается там, где стрелы сходятся (рис. 6-11, *д*). Экран кабеля присоединяется к нижней стреле, а внутренняя жила кабеля — к основанию верхней стрелы. В точках соединений оплетки (экрана) и центральной жилы кабеля со стрелами необходим надежный электрический контакт. Это достигается с помощью пайки, причем жилу кабеля следует припаивать к внутренней стенке верхней

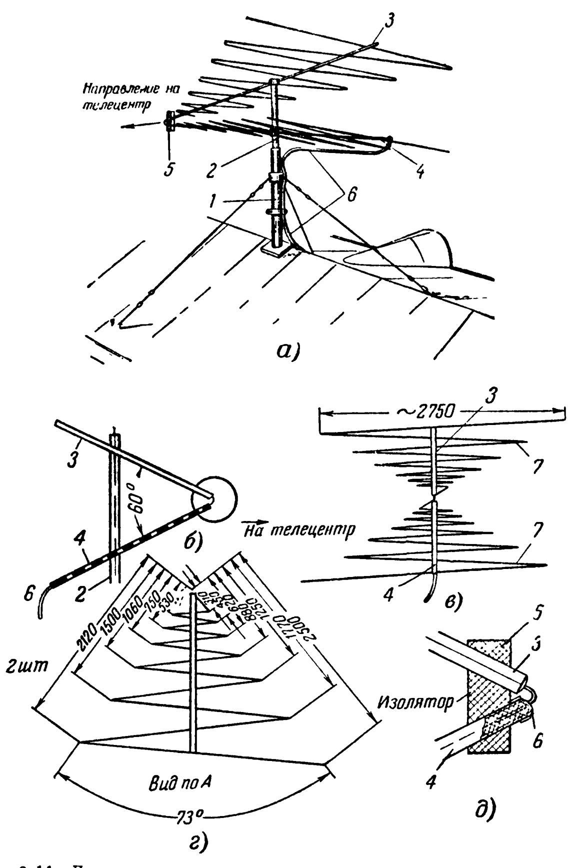


Рис. 6-11. Двенадцатиканальная приемная телевизионная антенна.

а — общий вид; *б* — вид сбоку; *в* — вид сзади; *г* — расположение вибраторов на стреле; *д* — присоединение фидера к стрелам.

1 — металлическая часть мачты (труба); *2* — деревянная часть мачты; *3* — верхняя стрела; *4* — нижняя стрела; *5* — изолятор; *6* — коаксиальный кабель (фидер); *7* — вибраторы.

стрелы. Изолятор из фторопласта, полиэтилена, полистирола или текстолита служит главным образом для того, чтобы исключить возможность электрического соединения между стрелами. Стрелы с закрепленными на них вибраторами и подключенным фидером устанавливают на легкую мачту. Ее можно сделать из металлической трубы, внутрь верхней части которой вставляется деревянный шест длиной около 150 *см*. На нем с помощью хомутиков с болтами надежно укрепляют стрелы антенны.

Фидер, выходящий из нижней стрелы, необходимо закрепить на мачте с помощью хомутиков, чтобы он не раскачивался при ветре и не оборвался.

Антенна ориентируется на телецентр своим острым углом (см. рис. 6-11, *а* и *б*), при этом плоскость, проходящая через обе стрелы, должна быть перпендикулярна плоскости земли, а плоскости вибраторов — перпендикулярны плоскости стрел.

Грозозащита телевизионных антенн

Приемные телевизионные антенны, как и всякие другие наружные антенны, нуждаются в грозовой защите. Можно предложить три следующих способа их грозозащиты.

Заземленное штеккерное гнездо. На небольшой панельке из изоляционного материала монтируют штеккерное гнездо, по своей конструкции подобное гнезду телевизора, в которое включается штеккер антенного фидера. Панельку с гнездом укрепляют на стене поблизости от ввода фидера. К обеим частям штеккерного гнезда (к части, с которой при помощи штеккера соединяется металлическая оплетка кабеля, и к части, с которой соединяется средняя жила кабеля) припаивают провод диаметром 2—3 *мм* и соединяют его с надежным заземлением (см. § 6-3). По окончании приема, а также при приближении грозы штеккер фидера отключают от телевизора и вставляют его в заземленное штеккерное гнездо.

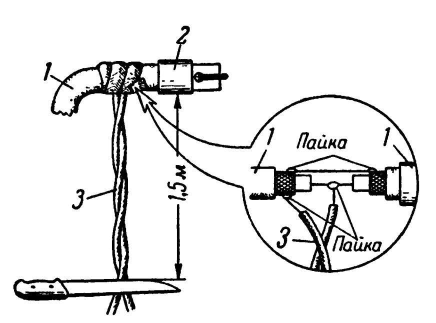


Рис. 6-12. Устройство заземленного шнура. *1* — коаксиальный кабель; *2* — штеккер; *3* — заземленный шнур.

Заземленный шнур. К жиле и металлической оплетке кабеля фидера у самого штеккера припаивают концы двухпроводного шнура длиной около 1,5 *м*. Вместо него можно применить двухжильный провод в хлорвиниловой изоляции с жилами диаметром 1—2 *мм*. Замыкая при помощи ножа жилы шнура накоротко между собой, начиная от его свободного конца, через каждые 5—8 *см* (рис. 6-12), находят место, где замыкание совершенно не сказывается на качестве изображения (в некоторых случаях удается даже улучшить изображение). В этом месте жилы шнура зачищают от изоляции, спаивают вместе и присоединяют к заземлению. Лишний кусок шнура отрезают. При такой грозозащите штеккер во время грозы достаточно вынуть из гнезда телевизора.

Заземление петлевой антенны. Наружная петлевая антенна обычно заземляется при ее установке в точке *7*, находящейся точно посредине ее горизонтальной части (рис. 6-9, *г* и *д*). Такой способ заземления не сказывается на работе антенны, и поэтому она может оставаться постоянно заземленной.

Чтобы заземляющий провод не мог переломиться от раскачивания ветром, его привязывают к мачте. Изолировать провод заземления от мачты и от крыши не нужно.

Коллективные телевизионные антенны

Большое количество антенн индивидуального пользования портит внешний вид здания, приводит к повреждениям крыши, нарушению правил противопожарной безопасности, а также к взаимным помехам между телевизорами. Поэтому в настоящее время в больших городах применяются антенны коллективного пользования типа ТАКП. Их установка производится строительно-монтажным управлением Госрадиотреста.

На крыше дома на каждый подъезд устанавливается одна телевизионная антенна, рассчитанная на прием двух телевизионных программ. В ее фидерную линию включаются разветвительные коробки, устанавливаемые на каждом этаже. От этих коробок делаются отводы во все квартиры, где имеются телевизоры.

Коллективные телевизионные антенны очень удобны для владельцев телевизоров, так как стоимость присоединения к ним значительно меньше, чем стоимость установки индивидуальной наружной антенны, а качество приема на коллективную антенну обычно лучше, чем на индивидуальную. Поэтому устанавливать индивидуальную наружную антенну в доме, имеющем коллективную телевизионную антенну, не имеет никакого смысла.

6-3. УСТРОЙСТВО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Приемник с питанием от сети переменного тока не нуждается в заземлении, так как его схема заземляется по высокой частоте через емкость первичная обмотка — сердечник силового трансформатора и питающую сеть. Однако в некоторых случаях подключение заземления снижает фон и помехи. Батарейные приемники всегда работают лучше с заземлением. Хорошее заземление особенно необходимо при приеме на детекторный приемник.

К телевизорам подключать заземление не требуется.

Присоединение заземления к приемнику, шасси которого соединено с одним из проводов сети (например, «Рекорд-47», «Москвич»), которая сама часто бывает заземлена, недопустимо. Если шасси такого приемника окажется соединенным с незаземленным проводом сети, то присоединение внешнего заземления приведет к её короткому замыканию.

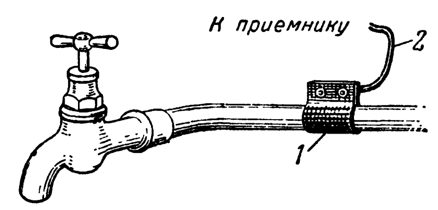


Рис. 6-13. Водопроводная труба в качестве заземления.

1 — металлическая скоба;
2 — провод заземления.

В городских условиях хорошим заземлением может служить труба водопровода или центрального отопления, так как они соединяются с трубами, проложенными под землей. Трубу тщательно зачищают от ржавчины и краски и на зачищенное место туго наматывают медную проволоку диаметром 1—2 *мм*. Второй конец ее соединяют с грозопереключателем и радиоприемником. Соединение провода заземления с трубами очень удобно делать с помощью металлической скобы, надеваемой на трубу. К скобе припаивают провод заземления (рис. 6-13).

Если в доме нет водопровода и центрального отопления, возле дома вырывают яму глубиной 1,3—1,5 *м*. Яма должна быть тем глубже, чем суше почва. В яму укладывают лист железа размером не менее 0,25 $м^2$

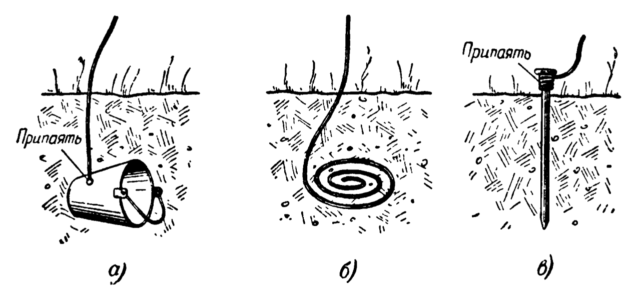


Рис. 6-14. Устройство заземлений.
а — из старого ведра; *б* — из мотка провода; *в* — из железной трубы.

или какой-либо металлический предмет такой же площади (рис. 6-14, *а*). К нему предварительно припаивают кусок провода диаметром не менее 1,5—2 *мм*. Можно использовать и моток голой проволоки (рис. 6-14, *б*). Диаметр мотка должен быть 75—100 *см*, длина провода в мотке — 15—25 *м*.

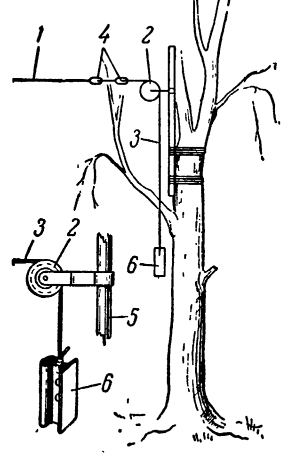


Рис. 6-15. Крепление антенны на дереве.
1 — антенна; *2* — блок; *3* — веревка или металлический трос; *4* — изоляторы; *5* — мачта; *6* — контрвес.

Заземление можно также сделать и из железной трубы диаметром 15—50 *мм* и длиной 1—1,5 *м* (рис. 6-14, *в*). Один ее конец сплющивают, а к другому припаивают провод. Труба забивается в почву на глубину 0,75—1,25 *м*. При сухой почве трубу следует забивать в вырытую заранее яму глубиной 0,5—1,25 *м*.

Конец провода от зарытого в землю листа, мотка провода или трубы укрепляют на стене дома при помощи скоб, пропускают через отверстие в оконной колоде или в стене в комнату и присоединяют к грозовому переключателю.

6-4. МАЧТЫ ПРИЕМНЫХ АНТЕНН

Антенна может быть укреплена на крыше здания или на дереве. Крепление антенны (и мачт) к дымовым и вентиляционным трубам, слуховым окнам и телефонным стойкам не допускается.

При креплении радиовещательной антенны к дереву надо учитывать, что деревья раскачиваются при ветре. Для предохранения провода от разрыва при ветре и от провисания при тихой погоде должен быть применен контрвес, натягивающий антенну (рис. 6-15). Вес его определяется опытным путем в зависимости от длины и конструкции антенны.

Малые мачты

В качестве мачты высотой до 7 *м* можно применить деревянный шест с диаметром вершины 5—8 *см* и диаметром основания не меньше 10 *см*. Мачты такой высоты обычно устанавливают на зданиях. Установку проще произвести на коньке крыши, для чего в нижнем торце мачты делают пропил по профилю конька крыши. Для предохранения нижней

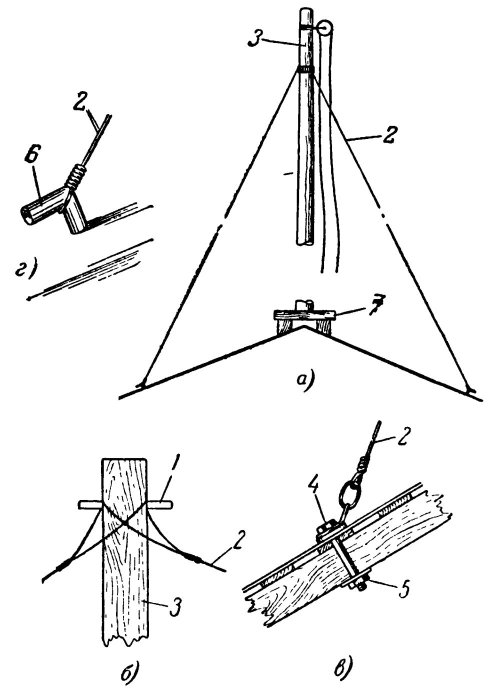


Рис. 6-16. Крепление мачты на крыше.
а — установка мачты на деревянной площадке; *б* — крепление оттяжек к мачте; *в* и *г* — крепление оттяжек к крыше здания.
1 — деревянная шпилька; *2* — оттяжка; *3* — мачта; *4* — болт; *5* — гайка; *6* — костыль; *7* — деревянная площадка.

части мачты от раскалывания ее обматывают несколькими слоями проволоки диаметром 2—3 *мм*. Лучше установить мачту на дощатой площадке с гнездом по диаметру основания мачты (рис. 6-16, *а*).

Мачта удерживается в вертикальном положении оттяжками из стальной, желательно оцинкованной проволоки диаметром 3—4 *мм*. Оттяжки крепятся к мачте и к крыше (рис. 6-16, *б* — *г*). Закрепление оттяжек на карнизах, в желобах и около воронок водосточных труб не допускается.

Если над крышей здаиия подвешены электроосветительиые, телефонные, радиотрансляционные или иные провода, мачту устанавливают от них не ближе чем на 1 *м*.

Мачты высотой 10—15 *м*

Такие мачты применяют главным образом в сельских местностях. Устанавливаются они преимущественно иа земле (рис. 6-17). Такие мачты могут быть выполнены из 2--3 сращенных сосновых или еловых жердей и укреплены двумя-тремя ярусами оттяжек из стальной, желательно оцинкованной проволоки диаметром не менее 3 *мм*. Один ряд оттяжек укрепляется у вершины мачты, а другие — иа равных расстояниях между основанием и вершиной. Если мачта составлена из двух-трех частей, то концы оттяжек нужно обматывать вокруг тех участков мачты,

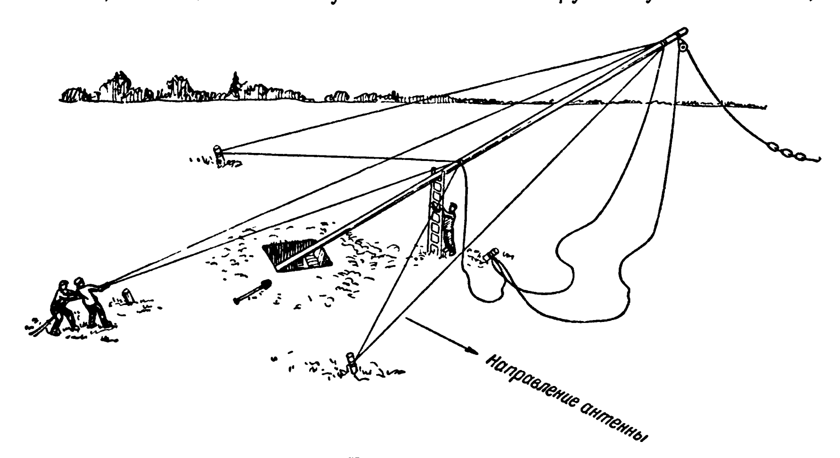


Рис. 6-17. Крепление мачты на земле.

где она сращивается. Мачта, выполненная из деревянного шеста, должна иметь диаметр нижнего конца 12—15 *см* и верхнего — 5—8 *см*.

Для закрепления оттяжек у земли могут быть использованы стальные трубы диаметром 25 *мм* и длиной около 2 *м*, забитые под углом в землю. Крепление оттяжек можно производить к отрезку бревна диаметром, например, 10 *см* и длиной 1,5—2 *м*, закопанному на глубину до 1,5 *м* (так называемый «мертвяк»). Перед закопкой бревна на нем прочно закрепляют проволочную петлю из стальной проволоки диаметром 3—5 *мм*, выходящей на поверхность земли. К этой петле в последующем крепят оттяжки. При установке мачт иа земле их основания углубляют в землю. Нижний конец мачты для предохранения от гниения целесообразно просмолить.

При сыром и мягком грунте под мачту следует положить просмоленный кусок толстой доски, чтобы мачта не продавливала грунт.

Установка таких мачт производится силами двух или более человек. Мачта кладется на землю, так чтобы ее основание висело над ямой, в которой мачта устанавливается (рис. 6-17). Подъем мачты осущест-

вляется так: приподнимают над землей верхний ее конец и одновременно тянут за оттяжки, которые не привязаны к проволочной петле «мертвяка». По мере подъема вершины мачты над землей ее нужно поддерживать снизу. Когда мачта встанет почти вертикально, оттяжки привязывают к проволочной петле «мертвяка» и после этого регулируют натяжение отдельных оттяжек до установки мачты в вертикальное положение. Основание мачты укрепляется в яме камнями, яма засыпается землей и утрамбовывается.

РАЗДЕЛ СЕДЬМОЙ

ЭЛЕКТРОАКУСТИКА И ЗВУКОЗАПИСЬ

7-1. ПРИРОДА ЗВУКА

Ощущение звука в нашем ухе создается колебаниями частиц воздуха — звуковыми волнами. Источниками (возбудителями) звука являются колеблющиеся тела: диффузоры громкоговорителей, струны музыкальных инструментов и т. п. У человека во время разговора или пения колеблются голосовые связки.

Распространение звука

Звуковые волны (колебания) возникают и распространяются в воздухе, воде, металле и т. д. В пустоте они распространяться не могут. От места возникновения звук движется во все стороны с одинаковой скоростью. Встречая на своем пути препятствие, звуковые волны отражаются от него. При этом часть звуковой энергии поглощается поверхностью препятствия.

Достигнув уха человека, звуковые волны приводят в колебательное движение барабанную перепонку, и ее колебания воспринимаются нами как слышимый звук.

Скорость распространения звуковых волн зависит от характера и состояния материальной среды, в которой они возникают. Для воздуха при температуре 0° С скорость распространения звуковых волн равна 331 *м/сек*, а при 30° С — 349 *м/сек*. При технических расчетах скорость звука принимают равной 340 *м/сек*. Такова примерно его скорость при температуре воздуха 15—16° С.

В жидких и твердых телах звуковые волны распространяются значительно быстрее. Например, в воде их скорость достигает 1 450 *м/сек*, а в стали — 5 810 *м/сек*.

Звуковое давление

Звуковые волны представляют собой периодически чередующиеся области повышенного и пониженного давления. Они перемещаются от источника звука во все стороны.

Действующее значение (см. § 1-2) переменной составляющей давления называют звуковым давлением. Оно уменьшается по мере удаления от источника звука.

Звуковое давление измеряется в динах на квадратный сантиметр (*дин/см*^{2}). Одна дина оказывает давление 1,02 *мг*. До недавнего времени единицу измерения 1 *дин/см*^{2} называли баром *(бар)*.

Звуковые частоты

Нормальное человеческое ухо ощущает звуковые колебания с частотами от 20 до 16 000 *гц*. Чем больше частота звуковых колебаний, тем выше звук.

Диапазон звуковых частот условно разделяют на три поддиапазона: нижние, средние и верхние частоты. К нижним относят частоты до 200—300 *гц*, к средним — частоты от 200—300 до 2 500—3 000 *гц* и к верхним частоты выше 2 000—3 000 *гц*. Наряду с этим применяют термины «низшая частота» и «высшая частота», подразумевая при этом соответственно самую низкую и самую высокую частоты, воспринимаемые ухом или воспроизводимые тем или иным источником звука, например громкоговорителем.

Человеческое ухо наиболее чувствительно к колебаниям с частотами 1 000—3 000 *гц*, которых больше всего в человеческой речи.

Звуки одной и той же частоты могут быть созданы различными источниками. При этом человек легко отмечает различие их по присущей каждому звуку своеобразной окраске — тембру. Различие в тембрах разных звуков одной и той же частоты зависит от наличия в них высших гармоник (см. § 1-2), которые при одной и той же силе звука могут иметь различные величины.

Громкость звука

Очень слабый звук ухо человека не слышит. Сила звука, при которой звук начинает ощущаться, называется порогом слышимости. При частоте колебаний 1 000 *гц* порог слышимости по звуковому давлению условно принимают равным 0,0002 *дин/см*^{2}, хотя у различных людей он может несколько отличаться от этой величины. При усилении звука ощущение громкости возрастает и наступает момент, когда появляется ощущение боли в ушах. Звуковое давление, при котором возникает такое ощущение, называют болевым порогом. На частоте 1 000 *гц* болевое ощущение наступает при звуковом давлении около 200 *дин/см*^{2}.

Разницу в громкости различных звуков, так же как и разницу в уровнях электрических сигналов, оценивают в децибелах (см. § 2-11) и вычисляют по формуле (2-8):

$$S = 20 \lg \frac{p_1}{p_2}.$$

За нулевой уровень громкости условно принята громкость, соответствующая звуковому давлению 0,0002 *дин/см*^{2} на частоте 1 000 *гц* (порог слышимости).

При этом уровень громкости разговора на расстоянии 1 *м* от говорящего составляет около 60 *дб*, громкость звучания симфонического оркестра при исполнении «фортиссимо» (очень громко) 90—100 *дб*.

Болевое ощущение наступает при уровне громкости 120 *дб*.

Бинауральный эффект

Человек легко определяет, где находится источник звука. Если источников звука несколько, то даже с закрытыми глазами он может представить себе их расположение в пространстве. Свойство человеческого слуха определять направление, откуда приходит звук, называется бинауральным эффектом.

Бинауральный эффект объясняется наличием у человека двух ушей. Благодаря этому на нижних и средних частотах он ощущает разницу во времени прихода к обоим ушам звуковых колебаний в одной и той же фазе, а на более высоких частотах — разницы в интенсивности колебаний, доходящих до левого и правого уха.

Человек, слышащий лишь одним ухом, не способен определять направление, откуда приходит звук. Звучание кажется ему лишенным «глубины» и «объемности». В существующих системах звукозаписи звук воспринимается одним «электрическим ухом» — микрофоном, превращается им в электрический сигнал, который усиливается и претерпевает ряд преобразований в канале передачи (см. § 2-10). Громкоговоритель снова преобразует электрический сигнал в звук. Так как громкоговоритель один, звучание его также не имеет «объемности» и «глубины», т. е. пространственного эффекта.

Стереофоническая звукопередача

Стереофоническое объемное звучание можно получить, если в помещении, где воспроизводится звук, будет столько же громкоговорителей и они будут так же расположены, как расположены источники звука в студии или другом помещении, откуда производится передача, и соответственно столько же микрофонов и каналов передачи. Такие системы настолько сложны, что практически неосуществимы.

С помощью различных приемов, например, используя два-три разнесенных громкоговорителя с различными частотными характеристиками (см. § 7-2) и соответственно двух- или трехканальные усилители, можно получить имитацию стереофонического эффекта и при одноканальной передаче. Такие системы называют псевдостереофоническими.

7-2. ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

Устройство электродинамических громкоговорителей

Громкоговоритель с постоянным магнитом. Магнит из специального сплава в форме кольца или керна создает сильное магнитное поле в зазоре (узком кольцевом промежутке) между керном и фланцем (рис. 7-1). Последний изготовлен из мягкой стали. В громкоговорителе с кольцевым магнитом керн сделан из такого же материала, а в громкоговорителе, в котором магнитом является керн, из мягкой стали изготовлено кольцо. Во многих конструкциях громкоговорителей с керновым магнитом вместо кольца применена скоба из мягкой стали (рис. 7-2, *б*).

В зазоре находится катушка из изолированного провода — звуковая катушка. Каркас ее приклеен к вершине бумажного конуса — диффузора. Катушка не соприкасается ни с сердечником, ни с фланцем и потому может свободно перемещаться в зазоре. Через звуковую катушку проходит переменный ток звуковой (низкой) частоты и вокруг ее витков образуется переменное магнитное поле.

При одном направлении тока в катушке в результате взаимодействия между магнитными полями катушки и магнита возникает электродинамическая сила, стремящаяся вытолкнуть катушку из зазора. Когда же ток в катушке и соответственно создаваемое им магнитное поле изменяет направление, то изменяется на обратное и направление силы,

стремящейся теперь втянуть катушку глубже в зазор. Таким образом, при прохождении переменного тока через звуковую катушку она в такт с изменениями направления тока перемещается вдоль зазора то в одну,

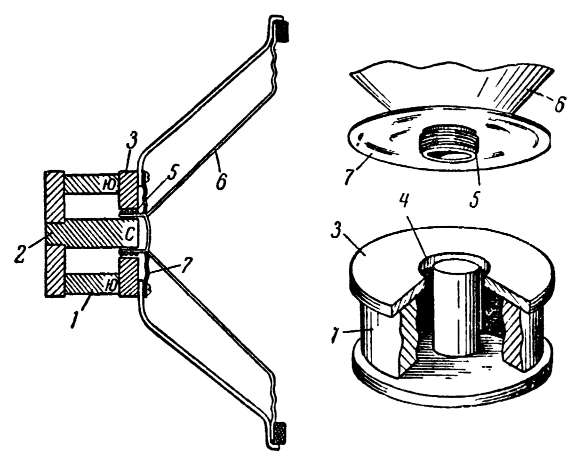


Рис. 7-1. Устройство электродинамического громкоговорителя с постоянным магнитом.

1 — кольцо; *2* — керн; *3* — фланец; *4* — зазор между керном и фланцем; *5* — звуковая катушка; *6* — диффузор; *7* — центрирующая шайба

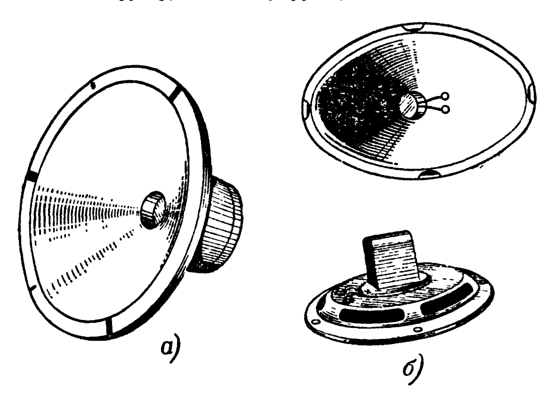


Рис. 7-2. Общий вид электродинамических громкоговорителей.

а — с круглым диффузором; *б* — с эллиптическим диффузором.

то в другую сторону и тем самым приводит в колебательное движение диффузор, который при этом создает звуковые волны. Чем больше амплитуда тока через звуковую катушку, тем больше размах ее колебаний и колебаний диффузора и громче создаваемый громкоговорителем звук.

Громкоговоритель с подмагничиванием. В таком громкоговорителе как кольцо *1*, так и керн *2* изготовлены из мягкой стали, а на керн *2* надета катушка, состоящая из большого числа витков изолированного провода — катушка подмагничивания. При пропускании через нее постоянного тока керн, фланец и кольцо намагничиваются и в зазоре образуется сильное магнитное поле. Работает такой громкоговоритель так же, как и громкоговоритель с постоянным магнитом. Мощность электрического тока, расходуемая на подмагничивание громкоговорителя для радиоприемника, обычно составляет 5—6 *вт*.

Громкоговорители с эллиптическими диффузорами. Достоинством этих громкоговорителей (рис. 7-2, *б*) является их форма, удобная для размещения в компактных конструкциях.

Необходимость в трансформаторе к громкоговорителю. Большинство электродинамических громкоговорителей имеет звуковые катушки с сопротивлением всего несколько ом. Чтобы такой громкоговоритель нормально работал, через его звуковую катушку необходимо пропускать переменный ток значительной силы при напряжении, не превышающем обычно нескольких вольт. Но в анодной цепи электронной лампы или в цепи коллектора транзистора переменная составляющая напряжения значительно больше, а переменная составляющая тока меньше. Поэтому звуковая катушка громкоговорителя обычно присоединяется к этим цепям через понижающий трансформатор, преобразующий эти напряжения в более низкие напряжения при соответственно больших токах. Трансформатор имеет сердечник из пластин трансформаторной стали. Первичная его обмотка имеет большое число витков сравнительно тонкого провода, а вторичная, к которой присоединяется звуковая катушка громкоговорителя, значительно меньшее число витков провода большего диаметра.

Исключение составляют громкоговорители с большими сопротивлениями звуковых катушек (порядка сотен ом), которые можно включать в оконечные каскады усилителей НЧ без применения выходных трансформаторов (см. § 3-11).

Характеристики громкоговорителей

Номинальная мощность громкоговорителя — это такая подводимая к нему мощность, при которой нелинейные искажения, вносимые громкоговорителем, не превышают заданной величины — обычно около 10% на частотах до 200 *гц* и 5—7% на частотах 200—2 000 *гц*.

Если подвести к громкоговорителю мощность больше номинальной, нелинейные искажения становятся ощутимыми на слух.

Номинальная мощность громкоговорителя является наибольшей мощностью, которая может быть к нему подведена; величина ее в ваттах указывается в паспорте громкоговорителя, а также входит в название типа громкоговорителя как первая цифра этого названия.

Примеры. Номинальная мощность громкоговорителя 1ГД-9 равна 1 *вт*, а для громкоговорителя 3ГД-2 она составляет 3 *вт*.

Номинальная мощность используемого громкоговорителя должна быть равна, а еще лучше превышать номинальную выходную мощность оконечного каскада радиоприемника или усилителя. Перегруженный громкоговоритель вносит очень большие искажения.

Полное сопротивление громкоговорителя — это сопротивление его звуковой катушки, измеренное на переменном токе. На нижних частотах

Таблица 7-1

Электродинамические громкоговорители

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *вт*	Воспроизводимый диапазон частот, *гц*	Резонансная частота подвижной системы, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Стандартное звуковое давление,[1] *дин/см²*	Полное сопротивление звуковой катушки[2] $r_{гр}$, *ом*	Габариты громкоговорителя[3], *мм*	Тип магнита и материал	Вес магнита, *г*	Диаметр керна, *мм*	Индукция в зазоре, *гс*	Вес громкоговорителя, *г*
0,25ГД-1	0,25	300— 3 000	300 ± 30	18	2,0	8,0 ± 0,8	72 × 34	Керновой АНКО-4	18	12	6 000	70
0,5ГД-10	0,5	150— 7 000	150 ± 30	14	2,3	5,0 ± 0,5	105 × 50	То же	40	12	7 000	150
0,5ГД-11	0,5	150— 7 000	150 ± 30	14	2,3	5,0 ± 0,5	105 × 36	Кольцевой МБА	40	12	7 000	150
0,5ГД-12	0,5	150— 7 000	150 ± 30	14	3,0	5,0 ∓ 0,5	105 × 36	То же	80	12	9 000	250
0,5ГД-12А	0,5						105 × 36	» »	80	12	9 000	250
1ГД-5	1,0	150— 6 000	120 ± 20	15	2,0	6,5 ± 0,7	126 × 50	Кольцевой АЛНИ	150	17	5 000	370
1ГД-6	1,0	100— 6 000	100 ± 10 140 ± 10	15	3,0	6,5 ± 0,7	126 × 63	То же	340	17	7 300	600
1ГД-9[4, 5]	1,0	100— 7 000 200—10 000	95 ± 15 150 ± 30	14	2,5	6,5 ± 0,7	156 × 98 × 56	Керновой АНКО-4	50	17	7 000	250
1ГД-11	1,0	150— 7 000	120 ± 20	15	2,0	8,0 ± 0,8	126 × 45	Кольцевой МБА	80	17	6 500	300
1ГД-12[4]	1,0	200—10 000	175 ± 15	14	2,5	5,0 ± 0,5	156 × 98 × 41	То же	40	12	7 000	200
1ГД-14	1,0	150—10 000	150 ± 30	14	2,5	5,0 ± 0,5	126 × 45	» »	40	12	7 000	180
1ГД-17	1,0	10— 7 000			2,2	200 ± 1		Керновой	50	17	7 000	250
2ГД-3	2,0	70—10 000	80 ± 15 100 ± 10	14	2,5	4,5 ± 0,5	152 × 69	Керновой АНКО-4	70	20	7 000	400
2ГД-4	2,0	70—10 000	80 ± 15	14	2,3	5,0 ± 0,5	152 × 54	Кольцевой МБА	80	17	6 500	300
2ГД-6	2,0	90— 7 000	100 ± 10			420 ± 1	152	Керновой	70	20	7 000	400
3ГД-2	3,0	80— 6 000	80 ± 10	15	3,0	4,0 ± 0,6	202 × 100	Кольцевой АЛНИ	350	25	6 000	1 200
3ГД-7[4]	3,0	80 —7 000	90 ± 10	14	2,5	4,5 ± 0,5	204 × 134 × 77	Керновой АНКО-4	100	25	7 500	650

Продолжение табл. 7-1

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *вт*	Воспроизводимый диапазон частот, *гц*	Резонансная частота подвижной системы, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Стандартное звуковое давление,[1] *дин/см²*	Полное сопротивление звуковой катушки[2] $r_{гр}$, *ом*	Габариты громкоговорителя[3], *мм*	Тип магнита и материал	Вес магнита, *г*	Диаметр керна, *мм*	Индукция в зазоре, *гс*	Вес громкоговорителя, *г*
3ГД-9[4]	3,0	80— 7 000	80 ± 10	14	2,5	5,0 ± 0,5	204 × 134 × 65	Кольцевой МБА	200	25	7 500	900
3ГД-11	3,0	80— 7 000			2,5	440 ± 1		Керновой	100	25	7 500	650
4ГД-1	4,0	60—12 000	60 ± 10 80 ± 10	14	2,5	4,5 ± 0,5	202 × 100	Керновой АНКО-4	100	25	7 500	600
4ГД-2	4,0	60—12 000	60 ± 10	14	2,5	5,0 ± 0,5	202 × 80	Кольцевой МБА	200	25	7 500	900
4ГД-5	4,0	60—12 000			2,7	440 ± 1	202 × 80	Керновой	100	25	7 500	600
5ГД-10	5,0	50—12 000	50 ± 10	15	3,0	4,5 ± 0,5	252 × 126	Кольцевой АЛНИ	700	25	9 000	1 700
5ГД-14[4]	5,0	70—12 000	70 ± 10 90 ± 10	14	2,5	4,5 ± 0,5	254 × 170 × 100	Керновой АНКО-4	100	25	7 500	700
5ГД-16	5,0					440 ± 1		То же	100	25	7 500	700
10ГД-17	10,0	40— 8 000	50 ± 10	14	3,0	4,5 ± 0,5	295 × 140	Кольцевой АЛНИ	700	30	7 500	1 500
10ГД-18[4]	10,0	50— 8 000	50 ± 10	12	3,0	8,0 ± 0,8	324 × 212 × 128	То же	700	30	7 500	2 000
ВГД-1	3,0	800—15 000	270 ± 30	15	2,5	5,0 ± 0,5	105 × 64	Керновой АНКО-4	65	12	9 000	230
ВГД-2		800—15 000	260 ± 30		3,5			То же				

[1] Действующее значение при номинальной мощности на расстоянии 1 *м* по оси громкоговорителя; измеряется на частоте 1 000 *гц*.

[2] На частоте 1 000 *гц*.

[3] Для громкоговорителя с круглым диффузором первое число указывает диаметр, а второе — ширину громкоговорителя; для громкоговорителя с эллиптическими диффузорами первое и второе числа указывают величины осей эллипса, а третье — ширину громкоговорителя.

[4] Громкоговоритель с эллиптическим диффузором.

[5] В настоящее время выпускаются с полосой пропускания 200—10 000 *гц*.

его величина почти приближается к сопротивлению провода звуковой катушки при постоянном токе. С увеличением частоты сказывается индуктивное сопротивление звуковой катушки, вызывающее повышение полного сопротивления громкоговорителя.

В паспортах громкоговорителей и справочниках обычно указывают полное сопротивление звуковой катушки на частоте 1 000 *гц*, либо ее сопротивление постоянному току.

При расчетах выходных трансформаторов в формулы подставляют полное сопротивление $r_{гр}$ звуковой катушки при указанной частоте. Если известно только ее сопротивление постоянному току $R_{з.\,к}$, то полное сопротивление с достаточной для практики точностью можно определить по формуле

$$r_{гр} = 1{,}25\ R_{з.\,к}. \qquad (7\text{-}1)$$

Частотная характеристика громкоговорителя. Так называется кривая, выражающая графически зависимость создаваемого громкоговорителем звукового давления от частоты при неизменной мощности, подводимой к громкоговорителю. Обычно по оси ординат частотной характеристики откладывают уровень звукового давления в децибелах (рис. 7-3), которое получается на расстоянии 1 *м* от громкоговорителя (по оси диффузора) при подаче на громкоговоритель мощности переменного тока на всех частотах, равной 0,1 его номинальной мощности. Такие характеристики дают представление о полосе воспроизводимых громкоговорителем частот и частотных искажениях в рабочей полосе. В звуковоспроизводящих устройствах желательно применение громкоговорителей, которые все звуковые частоты воспроизводили бы одинаково. Частотные характеристики таких громкоговорителей изображались бы горизонтальными прямыми. Однако у существующих громкоговорителей частотные характеристики непрямолинейны, т. е. одни частоты они воспроизводят лучше, другие хуже. Чем ровнее частотная характеристика громкоговорителя, тем он лучше. Частотные характеристики позволяют сравнивать между собой качество звучания громкоговорителей различных конструкций.

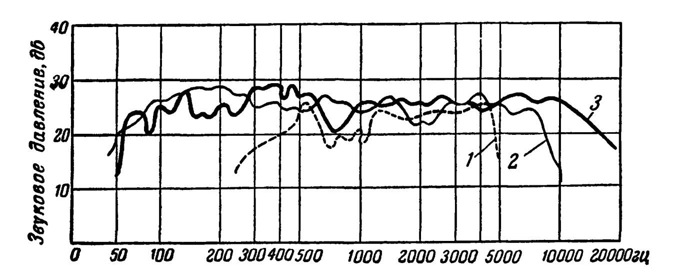


Рис. 7-3. Примеры частотных характеристик громкоговорителей.
1 — 0,25 ГД-1 (для малогабаритных переносных приемников); *2* — 10ГД-18 (низкочастотный для широкополосных акустических систем); *3* — 4ГД-2 (фронтальный для малых консольных радиол).

Акустический экран (рис. 7-4)

Акустический экран — щит из плоно скреплетнных досок или фанеры, является самым простым устройством для улучшения звучания громкоговорителя на нижних частотах. Во избежание дребезжания щита толщина его должна быть не менее 15—20 *мм*. Чем больше размеры экрана — тем лучше. Практически удовлетворительное воспроизведение получается при размерах экрана 1 × 2 *м*.

Диаметр *Д* отверстия в экране, в котором располагается громкоговоритель, должен быть несколько меньше диаметра его диффузора.

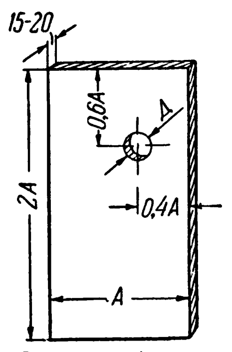


Рис. 7-4. Акустический экран для электродинамического громкоговорителя.

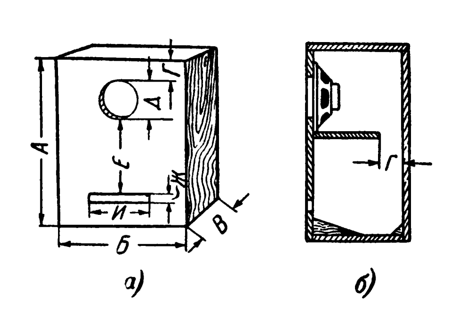


Рис. 7-5. Акустический фазоинвертор. *а* — общий вид; *б* — разрез.

Фазоинвертор

Наиболее эффективным способом улучшения звучания громкоговорителя на нижних частотах является применение фазоинвертора — закрытого ящика с дополнительным небольшим отверстием, расположенным под отверстием для громкоговорителя (рис. 7-5). Размеры ящика и дополнительного отверстия рассчитывают так, чтобы звуковые волны, выходящие из отверстия, и звуковые волны, излучаемые передней стороной диффузора, имели одинаковые фазы. При этом отдача громкоговорителя на частотах до 100—120 *гц* повышается на 4—6 *дб*.

Таблица 7-2

Размеры фазоинвертора

Диаметр диффузора громкоговорителя, *мм*	Размеры фазоинвертора, *мм*							
	А	*Б*	*В*	*Г*	*Д*	*Е*	*Ж*	*И*
200	600	430	280	76	178	190	60	200
300	760	580	330	102	280	200	80	270
380	840	640	355	120	356	200	100	300

Последовательное и параллельное включение громкоговорителей

Включение двух (а иногда и нескольких) громкоговорителей на выход усилителя НЧ применяют в тех случаях, когда номинальная выходная мощность оконечного каскада усилителя НЧ превышает номинальную мощность громкоговорителя, а также для того, чтобы повысить качество звуковоспроизведения.

Звуковая катушка громкоговорителя вместе с диффузором и системой его подвески представляет собой электромеханическую систему, имеющую собственную резонансную частоту (40—300 *гц*). На этой частоте громкоговоритель резко увеличивает отдачу и верность воспроизведения ухудшается.

При параллельном соединении громкоговорителей звуковая катушка каждого из них оказывается зашунтированной весьма малым сопротивлением, составленным из параллельно соединенного выходного сопротивления усилителя и сопротивления звуковой катушки второго громкоговорителя. При последовательном соединении каждый из громкоговорителей оказывается зашунтированным выходным сопротивлением усилителя, увеличенным на сопротивление звуковой катушки второго громкоговорителя.

Поскольку резонансные свойства проявляются тем слабее, чем меньшим сопротивлением шунтируется громкоговоритель, при выборе способа соединения громкоговорителей предпочтение нужно отдать параллельному соединению. Его достоинством является и то, что в случае выхода из строя одного из громкоговорителей процесс звуковоспроизведения не нарушается.

При любом способе соединения (параллельном, последовательном) двух или нескольких громкоговорителей суммарная частотная характеристика громкоговорящего агрегата становится более равномерной и качество звуковоспроизведения улучшается. Это объясняется тем, что частотные характеристики отдельных экземпляров громкоговорителей одного типа неодинаковы: провалы и пики оказываются в большинстве случаев на разных частотах.

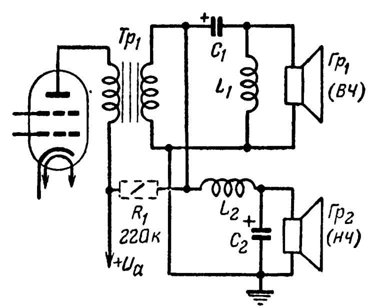


Рис. 7-6. Схема включения двух громкоговорителей на выход усилителя НЧ через разделительный фильтр.

Двухполосный агрегат громкоговорителей

Одним из способов выравнивания частотной характеристики звуковоспроизводящей системы во всем рабочем диапазоне является применение в ней двух разных громкоговорителей — высокочастотного $Гр_1$ и низкочастотного $Гр_2$. Их включают на выход усилителя через разделительный фильтр (рис. 7-6), назначение которого — разделение частот между громкоговорителями.

В такой системе рабочий диапазон разбит на две части таким образом, что низкочастотный громкоговоритель работает в области нижних и частично средних частот, высокочастотный — в области верхних и частично средних частот. На некотором участке средних частот оба

громкоговорителя работают совместно. Для уменьшения искажений важно по возможности уменьшить этот участок. Среднюю частоту в зоне совместной работы громкоговорителей называют частотой разделения.

При частоте разделения около 1 000 *гц* элементы разделительного фильтра вычисляют по формулам:

$$L_1 = L_2 = 0{,}225\ r_{гр}; \tag{7-2}$$

$$C_1 = C_2 = \frac{112}{r_{гр}}, \tag{7-3}$$

где L_1, L_2 — индуктивности катушек, *мгн*.
$r_{гр}$ — полное сопротивление громкоговорителя, *ом*.
C_1, C_2 — емкости конденсаторов, *мкф*.

Конденсаторы фильтра должны быть с бумажной изоляцией, однако можно использовать и электролитические конденсаторы. В последнем случае нужно подать на них поляризующее постоянное напряжение через сопротивление R_1 (рис. 7-6).

7-3. МИКРОФОНЫ

Микрофоны служат для преобразования энергии воздушных звуковых волн в энергию электрического переменного тока. В технике радиовещания и звукозаписи наиболее распространены электродинамические микрофоны.

Чувствительность микрофона определяется величиной напряжения, развиваемого микрофоном на определенном сопротивлении нагрузки при воздействии на мембрану микрофона звукового давления 1 *дин/см²*. Единица измерения чувствительности микрофона — *мв/дин/см²*.

Чувствительность микрофона на разных частотах неодинакова. Зависимость чувствительности микрофона от частоты, выраженная графически, называется его частотной характеристикой. Полоса частот, в которой чувствительность микрофона сравнительно равномерна, является его рабочим диапазоном.

Электродинамические микрофоны

Устройство и принцип действия. Электродинамический микрофон (рис. 7-7) состоит из постоянного магнита *1*, имеющего форму кольца (полюсы его обозначены буквами *С* и *Ю*), намагничивающего жестко скрепленные с ним фланец *2* и керн *3* из мягкой стали, между которыми имеется узкий кольцевой промежуток — зазор *4*. В нем образуется сильное магнитное поле. Звуковые волны воздействуют на мембрану *5*, изготовленную из тонкого листового алюминия, к которой приклеена цилиндрическая катушка *6* из изолированного провода. Эта катушка расположена в зазоре между фланцем и сердечником, но не соприкасается с ними.

Когда на мембрану воздействует область повышенного давления воздушной звуковой волны, мембрана несколько прогибается, катушка перемещается в глубь зазора и в ее обмотке индуктируется ток одного направления. Когда же мембрана испытывает воздействие области пониженного давления звуковой волны, она вместе с катушкой движется

в обратном направлении и в катушке возникает ток другого направления. Таким образом, при колебаниях мембраны под действием звуковых волн в катушке возникает переменный ток низкой (звуковой) частоты. Этот ток подается на вход усилителя.

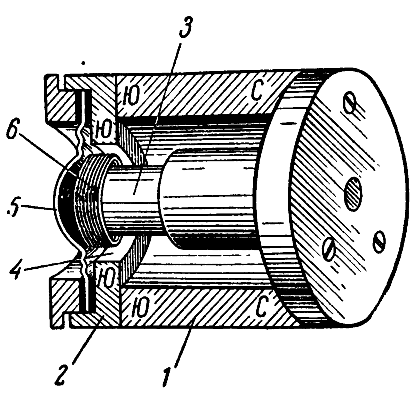


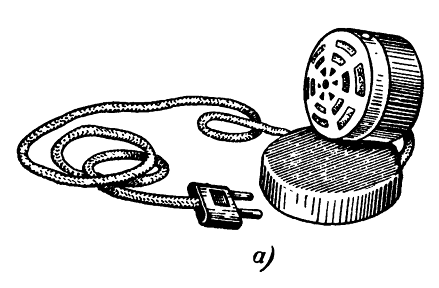
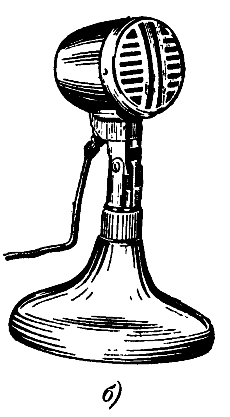
Рис. 7-7. Устройство электродинамического микрофона.

Чем громче звук, действующий на мембрану микрофона, тем сильнее она колеблется и тем большее напряжение развивает микрофон на входе усилителя.

Микрофон МД-41 (рис. 7-8, *а*) предназначен для работы в бытовых и любительских магнитофонах без переходного (микрофонного) трансформатора. Рабочий диапазон частот микрофона 100—5 000 *гц*. Когда на его мембрану действует звуковое давление 1 *дин/см*^{2}, он развивает на входе усилителя, имеющего входное сопротивление 0,5 *Мом*, напряжение около 3 *мв*.

Микрофон имеет повышающий трансформатор, выполненный на кольцевом сердечнике из пермаллоевой ленты шириной 9 *мм*. Внутренний диаметр сердечника 25 *мм*, толщина — 20 *мм*. Первичная обмотка трансформатора содержит 140 витков ПЭЛШО 0,25 и вторичная — 3 500 витков ПЭВ 0,13.

Микрофон МД-55 (рис. 7-8, *б*). Предназначен для записи музыки и речи. Рабочий диапазон частот этого микрофона 60—8 000 *гц*. Чувствительность 0,2 *мв/дин/см*^{2} (при нагрузке 250 *ом*).

а) *б)*

Рис. 7-8. Электродинамические микрофоны.
а — МД-41; *б* — МД- 55.

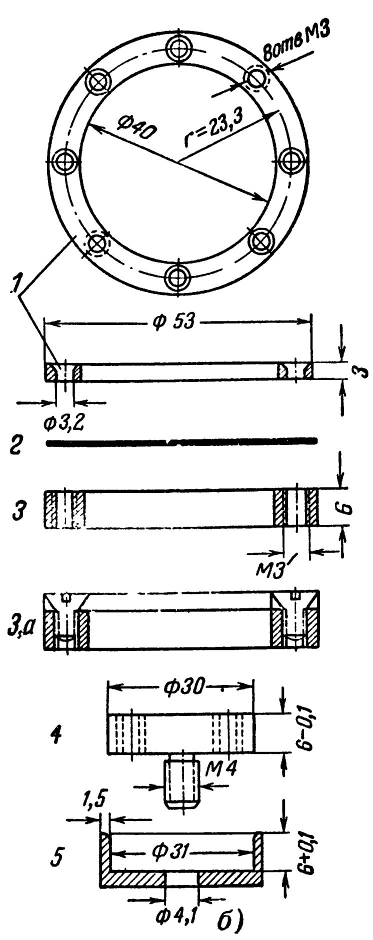
Микрофон выпускается без повышающего трансформатора. Он может быть собран на сердечнике Ш 12 × 15 из пермаллоя или сердечнике из трансформаторной стали Ш 15 × 30. Первичная обмотка содер-

жит 400 витков ПЭЛ 0,1—0,12 и вторичная — 8 000 витков ПЭЛ 0,09—0,1. Сначала наматывают половину вторичной обмотки, потом всю первичную обмотку и затем вторую половину вторичной обмотки. Изоляция между обмотками — два слоя конденсаторной бумаги толщиной 0,05 *мм*. Трансформатор заключают в экран из мягкой, хорошо отожженной стали. Толщина экрана 4—5 *мм*.

Самодельный конденсаторный микрофон

Конденсаторные микрофоны обладают равномерной частотной характеристикой в полосе 50—10 000 *гц* и вносят незначительные нелинейные искажения. Уровень шумов усилительной установки при работе с таким микрофоном обусловлен только шумами, создаваемыми лампами или транзисторами.

Изготовление конденсаторного микрофона может быть рекомендовано радиолюбителям во всех случаях, когда нужно получить высокое качество звукопередачи. Даже простейшие конструкции таких микрофонов при условии их аккуратного выполнения дают удовлетворительные результаты.



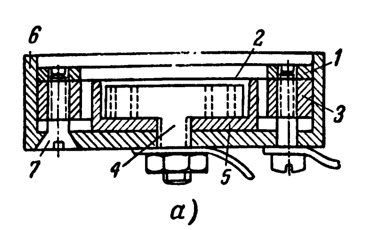


Рис. 7-9. Самодельный конденсаторный микрофон
а — общий вид в разрезе; *б* — детали.

1 — верхнее кольцо (мягкая сталь); *2* — мембрана (алюминиевая фольга); *3* — нижнее кольцо (мягкая сталь); *3а* — кольца (верхнее и нижнее) и мембрана в сборе; *4* — неподвижный электрод (латунь); *5* — дистанционная коробка (органическое стекло); *6* — корпус (органическое стекло); *7* — винт М3 × 10 для натяжения мембраны.

Микрофон представляет собой конденсатор (откуда он и получил свое название), состоящий из двух металлических пластин (обкладок), диэлектриком между которыми служит воздух (рис. 7-9). Одна из пла-

стин — массивная, неподвижная; другая — тонкая, легкая, выполняет роль мембраны. Расстояние между пластинами 20—60 *мк*. Емкость между ними 100—200 *пф*.

Мембрана микрофона изготовляется из алюминиевой фольги толщиной 0,009—0,02 *мм*. Фольгу необходимо тщательно выправить ваткой на зеркальном без изъянов стекле и очистить бензином или скипидаром.

Неподвижный электрод можно сделать из латуни или дюралюминия. Обращенная к мембране плоскость этого электрода должна быть идеально ровной, тщательно отшлифованной, а затем отполированной. Сначала

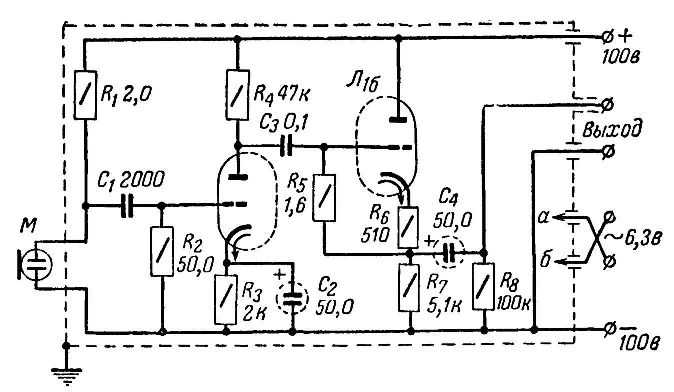


Рис. 7-10. Схема предварительного усилителя для самодельного конденсаторного микрофона.

на крупнозернистом бруске производится его шлифовка с маслом, а затем полировка на бруске с очень мелким зерном, подобно тому, который используется при правке бритв.

Перед сборкой микрофона нужно проверить с помощью увеличительного стекла, нет ли на электроде какой-либо грязи. Необходимое расстояние между неподвижным электродом и мембраной устанавливается с помощью прокладок из чертежной кальки, помещаемых между неподвижным электродом и дистанционной коробкой.

Натяжение мембраны осуществляется с помощью двух винтов. Расстояние между мембраной и неподвижным электродом должно быть во всех точках одинаковым, а мембрана равномерно натянута. Возможность короткого замыкания между мембраной и неподвижным электродом уменьшится, если мембрану покрыть тонким слоем лака.

Недостатком конденсаторного микрофона является то, что он требует предварительного усилителя (рис. 7-10). Он должен быть смонтирован в общей металлической коробке с микрофоном. Чувствительность описанного микрофона (вместе с усилителем) порядка 5—7 *мв/дин/см*^{2}.

Громкоговоритель в роли микрофона

В качестве микрофона можно использовать электродинамический абонентский громкоговоритель. В этом случае обмотка его трансформатора, предназначенная для включения в трансляционную сеть, подключается ко входу усилителя.

Для улучшения работы такого микрофона в области верхних частот в разрыв одного из проводов, соединяющих его с усилителем, включают корректирующий контур, состоящий из параллельно соединенных сопротивления величиной около 510 *ком* и конденсатора емкостью около 6 800 *пф*. Точные их величины надо подобрать опытным путем. Для облегчения подбора сопротивления вместо него можно включить переменное сопротивление 1—2 *Мом*, подобрав положение его движка на слух, по звучанию громкоговорителя, затем следует измерить введенное сопротивление и вмонтировать постоянное сопротивление такой же величины.

Громкоговоритель полезно заэкранировать — поместить в металлическую коробку с прорезями перед диффузором. Ее можно изготовить из жести. Металлическую коробку и корпус громкоговорителя заземляют.

7-4. МЕХАНИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЗВУКА

Механическая запись используется промышленностью при производстве граммофонных пластинок, а также любителями для записи на пластинки в домашних условиях.

Принцип механической записи и воспроизведения звука (рис. 7-11)

Запись. Звуковые волны, распространяясь от источника звука, воздействуют на микрофон *1*, и их энергия преобразуется в энергию электрического тока, частота изменения которого соответствует изменениям звукового давления перед микрофоном. Сигнал от микрофона

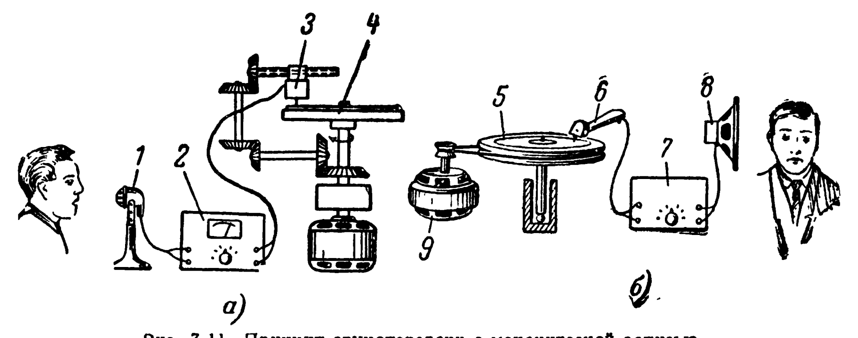


Рис. 7-11. Принцип звукопередачи с механической записью.
а — запись; *б* — воспроизведение;
1 — микрофон; *2* — усилитель записи; *3* — рекордер; *4* — диск; *5* — пластинка; *6* — звукосниматель; *7* — усилитель воспроизведения; *8* — громкоговоритель; *9* — электродвигатель.

усиливается усилителем *2* и передается на рекордер *3* (устройство его см. стр. 261). Он нарезает с помощью резца на пластинке, вращающейся на диске *4*, звуковую канавку. Форма извилин канавки повторяет форму записываемых колебаний.

В производстве грампластинок сначала производят запись на магнитную ленту (см. § 7-5). Это дает возможность немедленного контроля

качества записи, что весьма удобно для проведения репетиций, способствует уменьшению брака записи и повышению ее художественного качества. Потом запись с магнитной ленты «переносят» на диск, а с него специальными технологическими приемами изготовляют из шеллачной массы копии. Это и есть поступающие в продажу граммофонные пластинки.

Воспроизведение. Пластинка *5* устанавливается на проигрывателе. Скорость вращения пластинки должна быть такой же, как и при записи. Звуковая канавка, двигаясь под острием иглы звукоснимателя *6* (устройство его см. на стр. 265), заставляет ее колебаться. Движения иглы преобразуются звукоснимателем в переменный электрический ток, по форме соответствующий колебаниям иглы. Он усиливается с помощью усилителя *7* и подается на громкоговоритель *8*, преобразующий энергию электрического сигнала в звуковую.

Звуконосители

Материал, на котором производят запись, называют звуконосителем. Для механической записи могут быть использованы звуконосители различной формы: плоский диск, лента, валик и др. Наиболее удобным является звуконоситель в форме диска (пластинки). При использовании такого звуконосителя аппараты, служащие для записи и для воспроизведения, получаются проще и дешевле, чем при использовании звуконосителей других форм. Для любителей звукозаписи удобен диск из такого материала, запись с которого может быть воспроизведена не только владельцем звукозаписывающего аппарата, но и любым обладателем радиолы или проигрывателя с усилителем (радиоприемником). Этот материал должен оказывать малое сопротивление резанию, что позволит вести запись при небольших мощностях мотора и рекордера. Кроме того, стенки канавки в материале должны получиться гладкими и в то же время прочными.

Лаковые тондиски наиболее отвечают этим требованиям. Они представляют собой алюминиевые и стеклянные диски, покрытые слоем специального нитролака толщиной 0,15—0,3 *мм*. На таких тондисках можно записывать колебания с частотами от 30 до 15 000 *гц*, т. е. получать высокое качество звучания.

Децелитовые тондиски имеют пластмассовую основу, покрытую с обеих сторон слоем пластмассы или лака, предназначенным для записи. По сравнению с лаковыми тондисками они более износоустойчивы, однако создают при воспроизведении примерно вдвое больший уровень шума и допускают запись частот только до 6 000 *гц*.

Целлулоидные тондиски (основа рентгенопленок, фотопленок), часто применяемые любителями звукозаписи, имеют наибольшую износоустойчивость. Достоинством их является то, что запись на них можно воспроизводить даже с помощью патефона. На целлулоидных тондисках можно получить удовлетворительную запись частот 50—4 000 *гц*.

О качестве звуконосителя можно частично судить по стружке, отходящей при записи. Эластичная, мягкая непрерывная стружка свидетельствует о пригодности материала для механической звукозаписи.

Граммофонные пластинки заводского производства. При конструировании радиол, проигрывателей, автоматов для смены пластинок и других звуковоспроизводящих устройств необходимо знать размеры и вес

выпускаемых отечественной промышленностью граммофонных пластинок. Эти сведения приведены в табл. 7-3. Значения максимального времени звучания обычных пластинок при различном числе канавок на 1 *см* (плотности записи) приведены в табл. 7-4, а долгоиграющих — в табл. 7-5.

Таблица 7-3

Размеры граммофонных пластинок

Номинальный наружный диаметр [1], *мм*	Диаметр [1] начала записи, *мм*	Наименьший диаметр последней канавки записи, *мм*		Диаметр замкнутой концентрической канавки [2], *мм*		Наибольшая толщина пластинки, *мм*		Вес не более, *г*	
		Долгоиграющие	Обычные	Долгоиграющие	Обычные	Долгоиграющие	Обычные	Долгоиграющие	Обычные
200	190	120	95	110	90	1,8	1,9	90	120
250	240	120	95	110	90	2,2	2,7	160	200
300	290	120	95	110	90	2,6	3,0	250	300

[1] Допуск ± 1 *мм*.
[2] Допуск $\pm^{0}_{1}$ *мм*.

Таблица 7-4

Продолжительность звучания обычных граммофонных пластинок

Номинальный наружный диаметр пластинки, *мм*	Продолжительность звучания одной стороны пластинки при числе канавок на 1 *см* [1]		
	33,1 [2]	37,8 [3]	41,7 [4]
200	2 *мин* 3 *сек*	2 *мин* 18 *сек*	2 *мин* 35 *сек*
250	2 *мин* 47 *сек*	3 *мин* 12 *сек*	3 *мин* 32 *сек*
300	3 *мин* 48 *сек*	4 *мин* 22 *сек*	4 *мин* 50 *сек*

[1] Без учета шести «немых» канавок (три в начале и три в конце записи). Нормальная скорость вращения 78 *об/мин*.
[2] «Уширенная» запись.
[3] «Нормальная» запись.
[4] «Уплотненная» запись.

Во избежание перерезания стенок канавок иглой граммофонной мембраны или звукоснимателя расстояние между краями соседних канавок обычных пластинок, даже при записи наиболее громких сигналов, должно быть не меньше 25 *мк* (рис. 7-12). Звуковые канавки долгоиграющих пластинок имеют меньшую ширину и глубину и более плотно расположены на пластинке: примерно 100 бороздок на 1 *см* при ширине канавки 0,05—0,06 *мм*. Пластинки последнего вида изготовляют из ви-

Таблица 7-5

Продолжительность звучания долгоиграющих пластинок

Номинальный наружный диаметр пластинки[1], *мм*	Нормальная скорость вращения, *об/мин*	Продолжительность звучания одной стороны пластинки, *мин*
200	78	6
250	78	9
300	78	13,5
250	$33\frac{1}{3}$	15
300	$33\frac{1}{3}$	23

[1] Допуск ± 1 *мм.*

нилита, который позволяет получить звуковоспроизведение с весьма малым шумом и потому хорошо передает сигналы малого уровня.

Воспроизведение записи с долгоиграющей пластинки возможно только с помощью легкого электрического звукоснимателя.

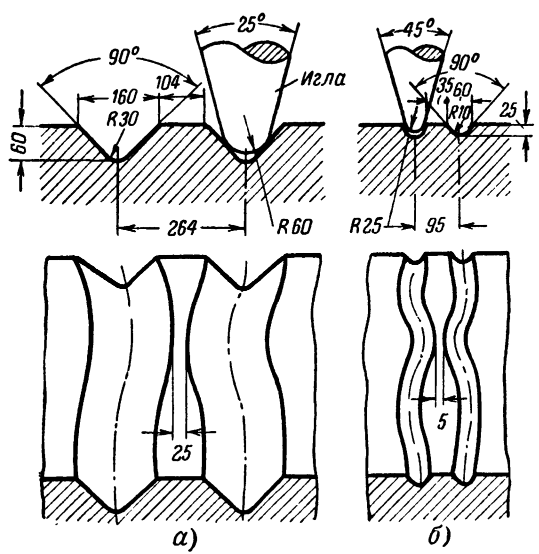


Рис. 7-12. Сечение канавки и кончик иглы при различных видах механической звукозаписи на граммофонную пластинку. *а* — на обычную; *б* — на долгоиграющую (размеры даны в тысячных долях миллиметра — микронах).

Рекордер

Рекордеры (рис. 7-13, *а*), служащие для записи звука на пластинку, могут быть построены на электромагнитном, пьезоэлектрическом и других принципах и иметь различные конструкции. Наибольшее распространение имеют рекордеры электромагнитного типа.

Рекордер преобразует электрический сигнал, получаемый от усилителя НЧ, в механические колебания резца. Колебания резца и используются для вырезывания звуковой канавки на пластинке.

Устройство и принцип действия электромагнитного рекордера. Подковообразный постоянный магнит *1* (рис. 7-13, *б*) снабжен П-образными полюсными наконечниками *2*. Между ними расположен якорь *3*, который может поворачиваться на небольшой угол на оси *4*. Пока в катушке *5*, сквозь которую проходит якорь, нет электрического тока, через полюсные наконечники, зазоры и якорь (в поперечном направлении) проходит постоянный магнитный поток по двум параллельным ветвям: верхней и нижней.

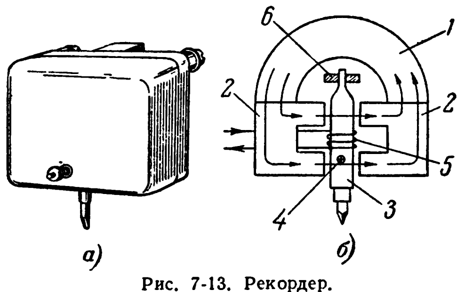


Рис. 7-13. Рекордер.
а — общий вид; *б* — схематическое устройство.

Если через катушку пропустить электрический ток, то в якоре возникает магнитный поток, замыкающийся через зазоры и полюсные наконечники. Этот поток в одних зазорах [например, правом верхнем и левом нижнем (рис. 7-13, *б*)], складывается с потоком постоянного магнита, и общий магнитный поток в этих зазорах увеличится; в других зазорах (левом верхнем и правом нижнем) потоки направлены навстречу друг другу и общий магнитный поток уменьшится. В результате силы притяжения якоря к полюсным наконечникам станут различными, и он повернется на оси вращения по часовой стрелке. Чтобы якорь не прикоснулся к полюсному наконечнику и не «прилип» к нему, верхняя часть якоря зажата в упругой резине *6*. Изменение направления тока через катушку вызовет отклонение якоря в обратную сторону.

Если катушку питать переменным электрическим током, то якорь и скрепленный с ним резец, будучи подверженными действию меняющихся магнитных сил, приходят в колебание.

Звукосниматель в качестве рекордера. Изготовление рекордера для большинства начинающих радиолюбителей представит большие трудности. Он содержит механические детали, которые должны быть изготовлены с большой точностью.

Проще всего сделать рекордер из звукоснимателя «Аккорд», имеющегося в продаже. Для этого звукосниматель нужно конструктивно переделать. Сущность переделки заключается в следующем.

Катушка звукоснимателя перематывается. Новая катушка наматывается проводом ПЭЛ 0,3 и содержит 160 витков. Резиновая амортизация заменяется более жесткой.

Обмотка выходного трансформатора усилителя записи при подключении такого рекордера должна быть рассчитана на нагрузку 15—16 *ом*.

В усилителе с двухтактным оконечным каскадом на лампах 6П14П выходной трансформатор, собранный на сердечнике Ш 25 × 35, должен содержать в первичной обмотке 2 × 1 500 витков ПЭЛ 0,16, а во вторичной — 120 витков провода ПЭЛ 0,47—0,51.

Для уменьшения усиления в области нижних частот последовательно с рекордером включается сопротивление 10 *ом*. Для подъема усиления верхних звуковых частот сопротивление шунтируют конденсатором емкостью 4 *мкф*.

Резец. При записи на лаковые диски обычно используются сапфировые, а для децелитовых тондисков, и пленки — стальные резцы (рис. 7-14 и 7-15).

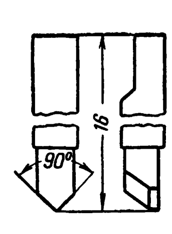


Рис. 7-14. Сапфировый резец для лаковых тондисков в двух проекциях.

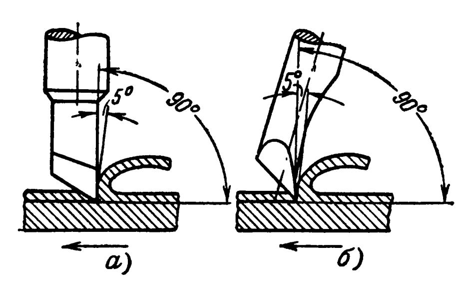


Рис. 7-15. Правильное положение резца при записи.

а — сапфирового; *б* — стального.

Сапфировый резец имеет полирующую грань шириной 0,01—0,012 *мм*, расположенную за режущей кромкой (рис. 7-14). Во время записи эта грань полирует стенки звуковой бороздки до зеркального блеска, что способствует понижению шума при воспроизведении. Срок непрерывной работы сапфирового резца при использовании лаковых тондисков примерно 8 *ч*.

Срок службы стального резца при записи на децелитовых дисках не более 20 *мин*. Во время записи стальной резец иногда начинает свистеть, причем свист сохраняется и при воспроизведении. Для устранения этого явления нужно несколько изменить угол установки резца или уменьшить глубину резания.

Указанием на то, что резец затупился, служит появление сильного шипения при записи. Звуковая бороздка, вырезаемая затупившимся резцом, имеет матовый серый цвет. Острый, правильно установленный резец на хорошем звуконосителе работает почти бесшумно.

Простой станок для записи на диск

Разрезная гайка *в-1* (рис. 7-16, *в*) помещается между выступами *а* в хвостовике *в-2*, поэтому при своем перемещении она двигает хвостовик вдоль направляющей трубки *в-3*. Хвостовик *в-2* входит своими выступами в прорезь ведомой втулки *в-4*, соединяется с ней четырьмя винтами. Втулка *в-4* надета на трубку *в-3*, а выступы *а* хвостовика *в-2* проходят через прорезь втулки *в-4* и углубляются на несколько миллиметров в прорезь трубки *в-3*, чем препятствуют вращению ведомой втулки, делая возможным лишь перемещение ее вдоль по направляющей трубке *в-3*.

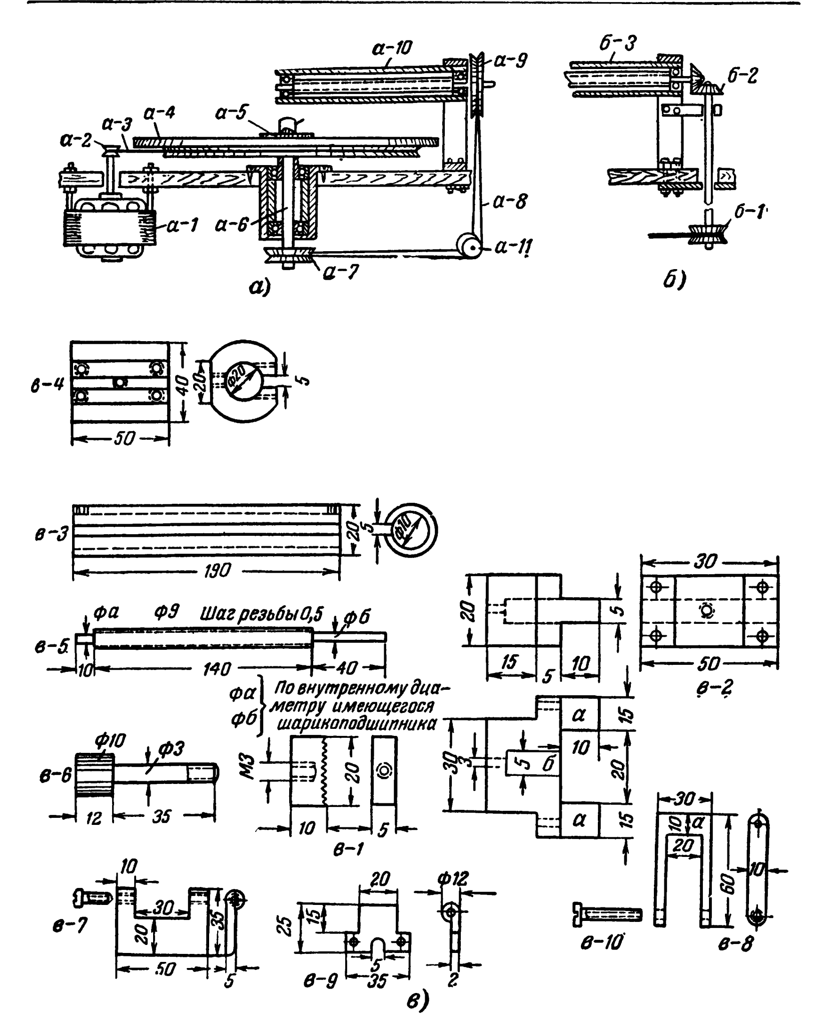


Рис. 7-16. Станок для записи на диск.

а — станок в сборе; *б* — возможный вариант передачи вращения от электродвигателя к ходовому винту; *в* — детали механизма смещения

Детали станка: *а-1* — электродвигатель; *а-2* — шкив; *а-3* — пассик; *а-4* — диск; *а-5* — зажим для крепления пленки на диске; *а-6* — вал диска; *а-7* — шкив; *а-8* — пассик; *а-9* — шкив; *а-10* — направляющая трубка; *а-11* — ролик для изменения направления движения пассика; *б-1* — шкив (заменяющий ролик *а-11*); *б-2* — конические шестерни; *б-3* — направляющая трубка; *в-1* — разрезная гайка; *в-2* — хвостовик; *в-3* — направляющая трубка; *в-4* — ведомая втулка; *в-5* — ходовой винт; *в-6* — ручка; *в-7* — держатель; *в-8* — вилка; *в-9* — держатель рекордера; *в-10* — зажимный болт.

Внутри отверстия *б* хвостовика *в-2* находится спиральная пружина, прижимающая разрезную гайку *в-1* к ходовому винту *в-5*.

Ручка *в-6* (разрезной гайки *в-1*), проходящая через отверстие в хвостовике *в-2* и скрепленная с разрезной гайкой *в-1*, предназначена для разъединения этой гайки с ходовым винтом. Это рассоединение необходимо для быстрой установки рекордера в исходное положение и для осуществления замкнутой бороздки в конце записи. Рассоединение осуществляется оттягиванием разрезной гайки *в-1* за ручку *в-6*.

К ведомой втулке *в-4* двумя винтами привинчивается держатель *в-7*, который держит вилку *в-8* (зажатую у основания *а* в двух точках остриями винтов), и в то же время дает возможность концам вилки *в-8* свободно перемещаться в вертикальной плоскости.

Между концами вилки вставляется верхняя часть держателя рекордера (деталь *в-9*) и зажимается болтом и гайкой. Держатель *в-9* двумя болтами привинчивается к задней крышке рекордера. Таким образом, рекордер в месте сочленения с вилкой *в-8* может изменять свой угол по отношению к диску, на котором производят запись, а также свободно откидываться и опускаться на диск.

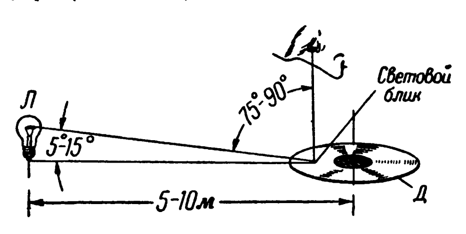


Рис. 7-17. Наблюдение светового блика на вращающейся пластинке. *Д* — граммофонная пластинка; *Л* — неоновая лампа.

Необязательно делать все детали, как указано на этом чертеже. Собственная инициатива подскажет, что и как изменить применительно к возможностям и имеющимся деталям.

Выбор направления записи. При изготовлении граммофонных пластинок запись осуществляется по направлению от края диска к центру. В любительских условиях удобнее производить запись в направлении от центра к краю. При этом стружка из-под резца сходит к центру, обматывается вокруг прижима, удерживающего пластинку, и не попадает под резец. Когда на звукозаписывающем станке установлен тонкий диск (например, выполненный из рентгенопленки), то при движении резца к краю он автоматически расправляется, плотно прилегает к подложке и не коробится под резцом.

Световой блик на грампластинке. Если вращающуюся грампластинку осветить электрической лампой, находящейся на расстоянии 5—10 *м* (рис. 7-17), то на ее поверхности будет видна световая полоска — световой блик. Чем громче запись, тем он шире.

Средняя ширина блика на обычных граммофонных пластинках 15—20 *мм*; в местах громкой записи она возрастает примерно до 40—50 *мм*; в начале и конце записи, где имеются холостые бороздки (бороздки без записи), блик имеет минимальную ширину.

Когда на пластинку записаны синусоидальные колебания одной частоты (например, от звукового генератора), световой блик имеет резко ограниченные грани и ширина его легко поддается измерению циркулем. Это дает возможность оценить качество рекордера и материала, применяемого при любительской звукозаписи.

Измеряя ширину блика при разных частотах, можно снять частотную характеристику рекордера. Для этого рекордер питают от генера-

тора поочередно токами звуковых частот от 50 до 4 000 *гц* (например, 50, 200, 1 000, 2 000, 3 000 и 4 000 *гц*). Ширину световых полос для каждой частоты измеряют циркулем и по полученным цифрам строят частотную характеристику. Для этого откладывают по оси абсцисс частоты, а по оси ординат — ширину светового блика.

Ширина блика характеризует чувствительность рекордера, т. е. то напряжение звуковой частоты, которое необходимо подвести к рекордеру, чтобы получить на данном звуконосителе блик шириной 1 *см*. Измерение чувствительности производят на частоте 1 000 *гц*.

Сравнивая ширину блика дорожек без записи (ширину нулевого блика) с шириной блика на материале, который предполагается применить для записи, можно судить о качестве материала и выбрать наилучший, при работе с которым шумы получаются меньшие. Чем лучше материал диска, тем меньше ширина нулевого блика.

Звукосниматели

Электромагнитный звукосниматель и электромагнитный рекордер во многом схожи по своему устройству, но задачи они выполняют разные.

Звукосниматель служит для преобразования механических колебаний иглы, скользящей по звуковой канавке пластинки, в электрический сигнал, который после усиления подается на громкоговоритель. Игла звукоснимателя должна легко следовать за всеми извилинами звуковой канавки и не разрушать ее стенок. Поэтому все подвижные части звукоснимателя должны быть как можно легче. Поскольку в его катушке возбуждаются очень малые токи, она наматывается весьма тонким проводом.

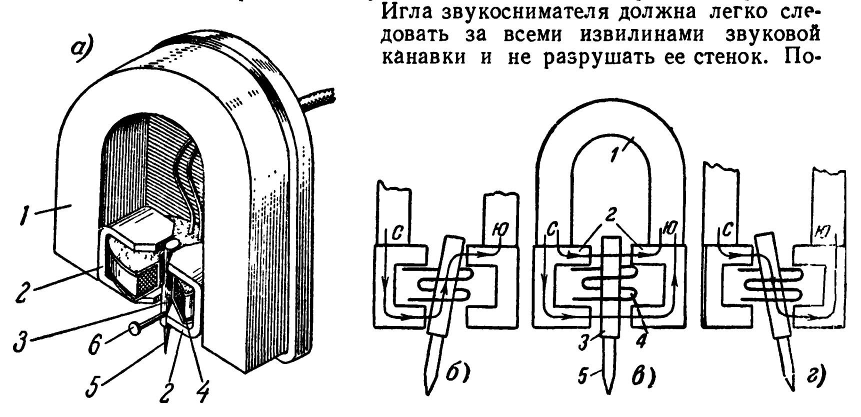


Рис. 7-18. Электромагнитный звукосниматель.
а — устройство; *б, в, г* — три положения якоря;
1 — магнит; *2* — полюсные наконечники; *3* — якорь (иглодержатель); *4* — катушка; *5* — игла; *6* — зажимный винт иглы.

Принцип действия электромагнитного звукоснимателя. В таком звукоснимателе (рис. 7-18) во время воспроизведения записи с грампластинки игла и связанный с ней якорь отклоняются звуковой канавкой то в одну, то в другую сторону (рис. 7-18). При этом изменяются зазоры в магнитной цепи системы и в якоре появляется переменный магнитный

поток. А так как якорь находится внутри катушки, то в витках ее наводится э. д. с., величина которой прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока, проходящего по якорю. Скорость же изменения этого потока в свою очередь пропорциональна колебательной скорости иглы. В результате напряжение, создаваемое электромагнитным звукоснимателем, оказывается в прямой зависимости от колебательной скорости иглы (см. стр. 267).

Принципы действия пьезоэлектрического звукоснимателя. Основной его частью является пьезоэлемент (рис. 7-19). Колебания иглы, скользящей по изгибам звуковой канавки грампластинки, передаются иглодержателю. Его колебания передаются в виде скручивающих усилий

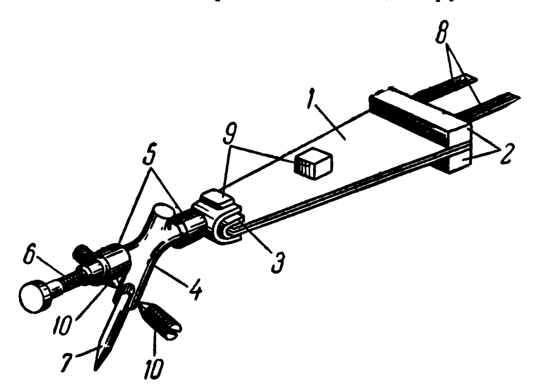


Рис. 7-19. Пьезоэлемент и закрепление его в головке звукоснимателя.

1 — пьезоэлемент; *2* — резиновые демпфирующие прокладки; *3* — резиновая прокладка иглодержателя; *4* — иглодержатель; *5* — резиновые подшипники; *6* — зажимный винт иглы; *7* — игла; *8* — выводы звукоснимателя; *9* — добавочные демпфирующие прокладки; *10* — стопорные винты, ограничивающие угол поворота иглодержателя во время смены игл и предохранения от поломки.

на пьезоэлемент. Чем дальше в сторону отводится (изгибом канавки) игла, тем большее скручивающее усилие она оказывает на пьезоэлемент. При этом на его плоскостях образуются электрические заряды, снимаемые с них проводящими ток обкладками.

Типы звукоснимателей. В настоящее время распространены электромагнитные звукосниматели: «Аккорд», ЭМЗС-3, УЭЗ-1 и др., рассчитанные для воспроизведения записи с обычных пластинок, и пьезоэлектрические звукосниматели: ЗУФ-52, ЗПК-56, ЗПУ-1, УЗ-2 и др., предназначенные для воспроизведения записей как с обычных, так и долгоиграющих пластинок (см. табл. 7-6). Пьезоэлектрические звукосниматели обладают значительно более высокой чувствительностью, чем электромагнитные, не боятся электромагнитных наводок, более просты по конструкции и дешевле электромагнитных.

Пьезоэлементы из сегнетовой соли хрупки, гигроскопичны и обладают такими существенными недостатками, как способностью к выветри-

ванию и большой зависимостью пьезоэлектрических параметров от температуры. Современные пьезоэлектрические звукосниматели имеют пьезоэлементы из фосфата аммония, керамического титаната бария и др. Эти пьезоэлементы отличаются меньшей гигроскопичностью, не боятся выветривания, выдерживают более высокую температуру и обладают большей механической прочностью, чем сегнетовая соль.

Таблица 7-6

Звукосниматели

Тип звукоснимателя	Воспроизводимая полоса частот, *гц*	Чувствительность не менее, *мв/см/сек*	Вес, приведенный к концу иглы, *г*	Данные катушки электромагнитного звукоснимателя или материал пьезоэлемента		
				Число витков	Провод	Сопротивление, *ом*
«Аккорд»	50— 5 500	50	90	4 500	ПЭЛ 0,05	1 600
ЭМЗ-Г	50— 5 500	60	70	4 000	ПЭЛ 0,05	1 400
ЭМЗС-3	100— 6 000	60	40	4 000	ПЭЛ 0,05	1 400
УЭЗ-1[1]	50— 7 000	50	16	4 000	ПЭЛ 0,03	2 000
ЭМ-3[4]	50— 6 000	70	16[2]; 30[3]	—	—	—
ЗПК-55	75— 7 000	60	14	Керамический титанат бария		
ЗПК-56	30—12 000	80	12	»	»	»
УЗ-2	50— 7 000	70	12	Сегнетовая соль		
ЗУФ-52	30— 7 000	110	15[2]; 30[3]	Фосфат аммония		

[1] Расстояние от вертикальной оси тонарма до центра вращения пластинки 182 *мм*, выход иглы за центр 18 *мм*, угол коррекции 27°, угол наклона к пластинке 84°.
[2] Для долгоиграющих пластинок.
[3] Для обычных пластинок.
[4] Расстояние от вертикальной оси вращения тонарма до центра оси диска 194—195 *мм*, выход иглы за центр 6—8 *мм*.

При переходе с воспроизведения обычных пластинок на долгоиграющие в звукоснимателе должна заменяться игла (см. стр. 269). Распространены звукосниматели, имеющие две иглы, одна для обычных пластинок, другая — для долгоиграющих. Обе иглы расположены в одном иглодержателе на близком расстоянии друг от друга. Переход с одного вида записи на другой осуществляется поворотом иглодержателя вокруг своей оси на небольшой угол.

Звукосниматели выпускаются в виде отдельной насадной головки (рис. 7-20, *а*) и оформленные в одно целое с тонармом и поворотной ножкой (рис. 7-20, *б*). Первые рассчитаны на применение в патефонах и вставляются в их тонармы вместо мембран. С их помощью можно воспроизводить пластинки через приемник или усилитель, использовав патефон в качестве проигрывателя. Звукосниматели второго вида предназначаются для радиограммофонов, радиол и электропроигрывателей.

Колебательная скорость иглы. Извилинами звуковой канавки граммофонной пластинки игла звукоснимателя отклоняется то в одну, то

в другую сторону от положения покоя. Расстояние между крайними положениями иглы называют амплитудой смещения. Чем она значительнее, тем больший путь пройдет конец иглы. Значение этого пути в единицу времени (1 *сек*) называют колебательной скоростью иглы.

Колебательная скорость иглы непрерывно меняется. В положении максимального отклонения, где она меняет направление, скорость равна нулю, а при прохождении положения покоя ее скорость максимальна и носит название амплитуды скорости. При расчетах принимает действующее значение (см. § 1-2) колебательной скорости.

Частотная характеристика. Записанные на пластинке звуковые колебания звукосниматель преобразует в колебания электрические. Об эффективности преобразования на различных частотах судят по чувствительности звукоснимателя, поскольку она не остается постоянной в пределах звукового диапазона, а изменяется при изменении частоты.

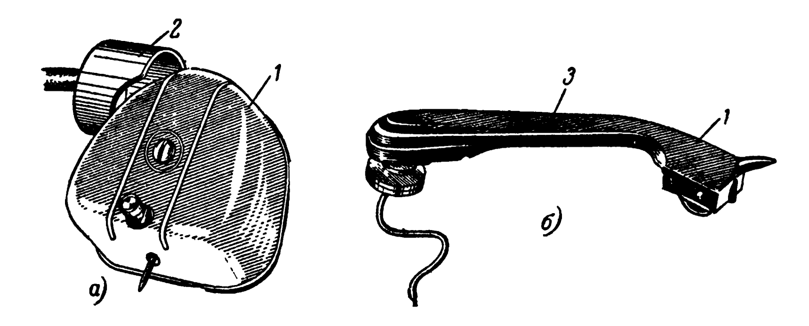


Рис. 7-20. Общий вид звукоснимателя.

а — звукосниматель в виде насадной головки для тонарма патефона; *б* — звукосниматель с тонармом.

1 — головка звукоснимателя; *2* — муфта, вставляемая в тонарм патефона; *3* — тонарм.

График, показывающий изменение чувствительности звукоснимателя в зависимости от частоты преобразуемых колебаний, называют частотной характеристикой звукоснимателя. Обычно ее получают с помощью специальных «частотных» пластинок, на которых записан ряд звуковых частот с определенной колебательной скоростью.

Чувствительность. Характеризуется эффективным напряжением переменного тока, отдаваемым звукоснимателем на нагрузке 1 *Мом* при воспроизведении частоты 1 000 *гц* при колебательной скорости конца иглы 1 *см/сек*, и измеряется в *мв/см/сек*.

Для нормальной раскачки усилителя НЧ радиоприемника (радиолы) к гнездам «Звукосниматель» требуется подвести напряжение звуковой (низкой) частоты около 200—250 *мв*. Для обеспечения этого чувствительность звукоснимателя должна быть около 70 *мв/см/сек*.

Вес, приведенный к концу иглы, представляет собой эффективный вес звукоснимателя или силу, действующую в вертикальном направлении на иглу в его рабочем состоянии. Вес, приведенный к концу иглы, характеризует величину давления конца иглы на пластинку. Это давление называют также «нагрузкой на иглу», его измеряют в граммах.

Чем меньше вес звукоснимателя, приведенный к концу иглы, тем меньше износ грампластинки и самой иглы.

Исходя из этого, звукосниматель для долгоиграющих пластинок должен иметь вес, приведенный к концу иглы, не более 12 *г*. В существующих звукоснимателях в зависимости от конструкции он колеблется в пределах 8—15 *г*.

При воспроизведении обычных грампластинок допустимо применять звукосниматель с весом, приведенным к концу иглы, около 16 *г*. В распространенных звукоснимателях старого типа этот вес достигает 16—90 *г*.

Иглы звукоснимателей

При проигрывании граммофонной пластинки звуковая канавка ведет кончик иглы. Неискаженное воспроизведение граммофонной записи достигается только в том случае, когда конец иглы опирается на стенки канавки, не касаясь ее дна (рис. 7-12). Радиус закругления иглы

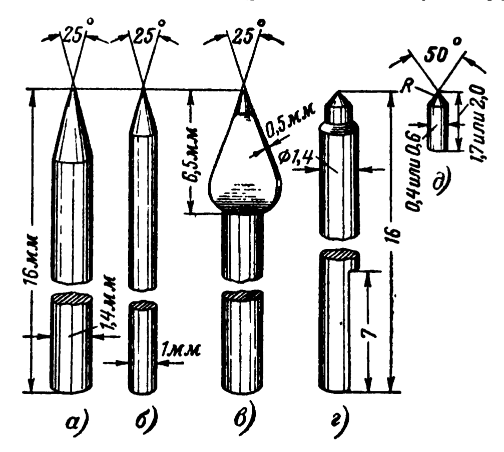


Рис. 7-21. Граммофонные иглы, сильно увеличенные.

а — сменная стальная игла громкого тона для обычных пластинок; *б* — то же тихого тона; *в* — то же универсальная; *г* — постоянная корундовая для обычных и долгоиграющих пластинок; *д* — корундовая игла-вставка. Радиус закругления *R* иглы-вставки 27 *мк* для долгоиграющих пластинок и 60 *мк* для обычных.

для обычных пластинок должен быть 60 *мк* и для долгоиграющих — 25—27 *мк*.

За время проигрывания одной стороны обычной граммофонной пластинки путь, проходимый иглой, составляет около 200 *м*. При этом между концом иглы и стенками звуковой канавки имеет место значительное трение. Это ведет к износу и острия иглы и звуковой канавки. Поэтому иглы изготовляют из твердого материала.

В мембранах патефонов и звукоснимателях проигрывателей старого типа для обычных граммофонных пластинок используют стальные иглы.

Наиболее правильно и громко позволяет воспроизводить записанные звуки игла громкого тона (рис. 7-21, *а*). При применении иглы тихого тона (рис. 7-21, *б*) хуже передаются звуки верхних частот, но зато меньше изнашивается пластинка. Универсальная игла (рис. 7-21, *в*) в зависимости от установки в иглодержателе дает такой же эффект, как и игла громкого тона или как игла тихого тона. В первом случае ее нужно установить так, чтобы сплющенная часть была параллельна, во втором случае — перпендикулярна радиусу граммофонной пластинки.

Стальная игла быстро стирается и позволяет хорошо воспроизвести только одну сторону пластинки. Для проигрывания второй стороны нужно воспользоваться новой иглой. Нельзя продолжать пользоваться изношенной иглой, поворачивая ее в иглодержателе. Такая игла будет работать как резец, сильно разрушая звуковую канавку на пластинке.

В современных универсальных проигрывателях для обычных и долгоиграющих пластинок применяются звукосниматели с постоянными иглами (рис. 7-21, *г*, *д*), выполненными из корунда (или алмаза).

Корундовые иглы при применении в универсальных звукоснимателях рассчитаны примерно на 150 часов работы.

Установка звукоснимателя

Тонарм, т. е. деталь, на которой укреплен звукосниматель, определяет правильность положения самого звукоснимателя по отношению к канавке граммофонной пластинки, с которой вопроизводится запись.

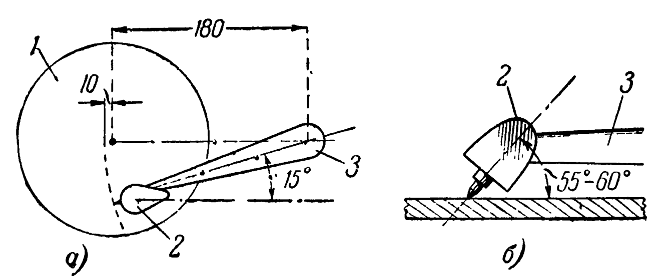


Рис. 7-22. Установка звукоснимателя.
а — вид сверху; *б* — вид сбоку.
1 — граммофонная пластинка; *2* — звукосниматель; *3* — тонарм.

В процессе записи рекордер перемещается вдоль радиуса пластинки, звукосниматель же перемещается по дуге окружности. Это приводит к искажению при воспроизведении грамзаписей. С увеличением длины тонарма указанное несоответствие уменьшается практически незначительно, поэтому в проигрывателях для сокращения длины тонарма расстояние от вертикальной оси вращения тонарма до центра оси диска принимают равным 175—180 *мм*. Наименьшие искажения получаются при расположении центра вращения тонарма звукоснимателя по отношению к центру вращения граммофонной пластинки согласно рис. 7-22. *а*.

Электродвигатели для граммофонных проигрывателей и радиол

Электродвигатель в проигрывателе необходим для равномерного вращения граммофонного диска со скоростью $33^1/_3$ или 78 *об/мин.*

Краткие данные о наиболее распространенных в проигрывателях и радиолах асинхронных двигателях с короткозамкнутыми роторами (рис. 7-23) приведены в табл. 7-7.

Таблица 7-7

Электродвигатели для граммофонных проигрывателей и радиол

Тип двигателя	Напряжение питания, *в*	Потребляемая мощность, *вт*	Скорость вращения вала, *об/мин*	Мощность на валу, *вт*	Емкость конденсатора, *мкф*	Добавочное сопротивление, *ом*	Обмотка		
							Число катушек	Число витков	Диаметр провода [5], *мм*
ЭДГ-1	220	13	2 800	2	0,5	—	4	1 450 + 1 450 1 300 + 1 300	0,1
ДАП-1	127/220	20	3 000	0,9	—	—	1 [1]	1 500 + 1 500 + + 550	0,18 0,18 0,25
ДАГ-1	127/220	14	1 200	2	—	—	4	4 × 1 200	0,18
АД-2	127	36	1 500	5	2,5	500 [2]	12 [3] 12 [4]	12 × 155 12 × 275	0,25 0,19

[1] Катушка содержит три обмотки.
[2] Значение сопротивления подбирается.
[3] Главная обмотка.
[4] Вспомогательная (конденсаторная) обмотка.
[5] Всюду применен провод ПЭЛ.

Электродвигатель типа ЭДГ-1 (рис. 7-23, *а*). В пазах его ротора расположены медные или алюминиевые стержни, соединенные с торцов короткозамыкающими кольцами. Для пуска двигателя используется вспомогательная (пусковая) обмотка, расположенная на статоре, так же как и основная, но сдвинутая относительно нее на 90°. Последовательно с пусковой обмоткой с целью сдвига токов обмоток по фазе включен бумажный конденсатор емкостью 0,5 *мкф* с рабочим напряжением 600 *в.*

Электродвигатели ЭДГ-1 изготовляются и регулируются вместе со ступенчатой приводной насадкой, укрепленной на оси ротора таким образом, что при диске диаметром 246 *мм* и сцеплении его с той частью насадки, которая имеет больший диаметр, скорость вращения диска 78 *об/мин.*

Электродвигатели данного типа обладают ничтожной вибрацией (в процессе изготовления их роторы тщательно балансируются) и допускают длительную работу.

Направление вращения ротора двигателя можно изменять, изменяя направление тока в одной из пар катушек.

Электродвигатель типа ДАП-1 (рис. 7-23, *б*). Для пуска двигателя полюса разделены неглубоким пазом на две неравные части и меньшая часть охвачена замкнутым накоротко медным витком.

Катушка электродвигателя содержит три обмотки. При работе от сети напряжением 220 *в* обмотки включаются последовательно. Для включения в сеть напряжением 127 *в* обмотка, содержащая 550 витков провода ПЭЛ 0,25, соединяется последовательно с соединенными параллельно обмотками с числом витков 1 500 провода ПЭЛ 0,18.

Электродвигатель АД-2 (рис. 7-23, *в*). Для пуска ис-

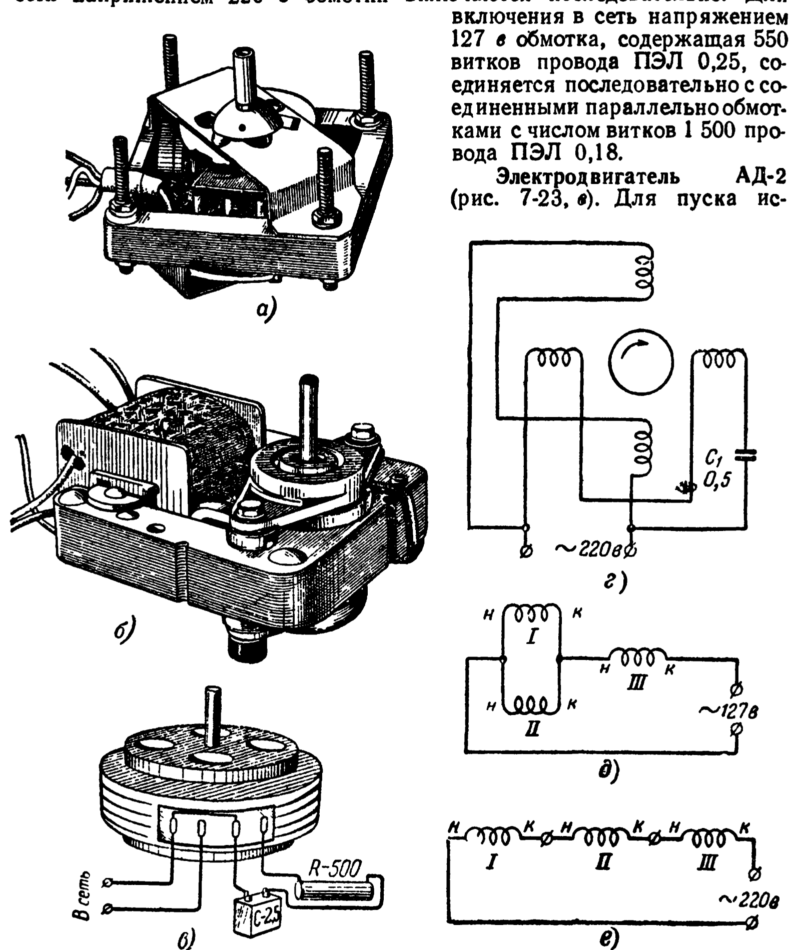


Рис. 7-23. Электродвигатели для граммофонных проигрывателей и радиол.
а — ЭДГ-1; *б* — ДАП-1; *в* — АД-2; *г* — схема обмоток электродвигателя ЭДГ-1; *д* и *е* — схема переключения обмоток электродвигателя ДАП-1 при включении в сети с напряжениями 127 или 220 *в*.

пользуется вспомогательная обмотка; в ее цепь с целью сдвига токов обмоток по фазе включены последовательно соединенные конденсатор емкостью 2,5 *мкф* и сопротивление 500 *ом*.

Контроль числа оборотов граммофонной пластинки

Число оборотов диска как при записи, так и при воспроизведении должно быть одинаковым, в противном случае неизбежны искажения, выражающиеся в изменении высоты звуков при воспроизведении.

Контроль числа оборотов граммофонной пластинки осуществляют обычно с помощью стробоскопического круга (рис 7-24) Его можно сфотографировать и отпечаток выполнить на фотобумаге картонной плотности. В середине круга пробивают отверстие по диаметру оси проигрывателя или звукозаписывающего станка.

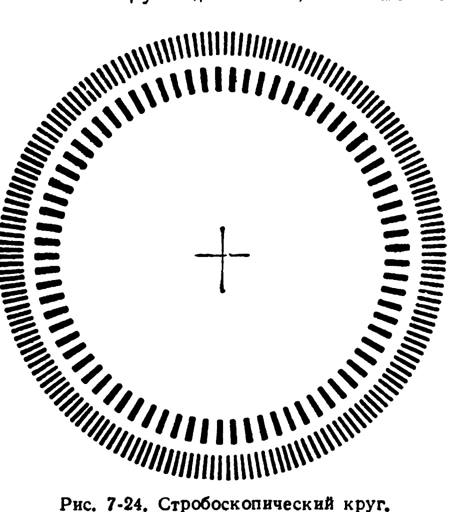


Рис. 7-24. Стробоскопический круг.

Стробоскопический круг нужно осветить неоновой лампой, дающей достаточно яркий свет, например лампой СН-1, питая ее от сети переменным током с частотой 50 *гц*.

Если пластинка вращается со скоростью 78 *об/мин*, то полоски, расположенные ближе к ее центру, будут казаться неподвижными; при скорости вращения $33^1/_3$ *об/мин* неподвижными будут казаться полоски, расположенные дальше от центра, на краю круга.

Если же скорость вращения пластинки больше стандартной, то полоски будут казаться двигающимися в направлении ее вращения, а при несколько уменьшенной (от стандартной) скорости будет казаться, что полоски двигаются в обратном направлении.

При освещении круга электролампой накаливания стробоскопический эффект будет наблюдаться не в столь ярко выраженной форме.

7-5. МАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ ЗВУКА

Магнитная звукозапись широко используется в радиовещании, звуковом кино, для научно-исследовательских целей и радиолюбителями.

Принцип магнитной записи

Магнитная запись звука основана на свойстве ферромагнитных материалов сохранять остаточное намагничивание при удалении их из магнитного поля.

В качестве звуконосителя в устройствах для магнитной записи звука — магнитофонах используется гибкая ферромагнитная лента,

представляющая собой пластмассовую основу, на одну сторону которой нанесен слой ферромагнитного состава. Для записи на ленту и последующего воспроизведения записанного используются магнитные головки — электромагниты с очень маленьким расстоянием между полюсами.

Звуковые колебания преобразуются с помощью микрофона *1* (рис. 7-25), усилителя *2* и головки записи *3* в колебания магнитного потока в рабочем зазоре последней.

Лентопротяжный механизм перематывает ленту *4* с постоянной линейной скоростью с подающей кассеты *5* на приемную *6*. Во время движения лента соприкасается с сердечником записывающей головки у его зазора и пересекает создаваемое ею переменное магнитное поле.

В результате на ленте возникает переменное остаточное намагничивание, соответствующее по амплитуде, частоте и фазе записываемым звуковым колебаниям, создаваемым перед микрофоном.

Созданное таким образом остаточное намагничивание собственно и является магнитной записью.

Через обмотку записывающей головки одновременно с током звуковой частоты проходит так называемый ток подмагничивания, что способствует уменьшению искажений и увеличению отношения полезного сигнала к шуму. Подмагничивание осуществляется чаще всего переменным током ВЧ. Постоянный ток для этих целей применяется редко (главным образом в простейших или малогабаритных конструкциях), так как при воспроизведении ленты, намагниченной постоянным полем, прослушиваются большие шумы и шипение в паузах между звуками.

Воспроизведение

Лента с записью (магнитофильм) проходит мимо воспроизводящей головки *7* (рис. 7-25), соприкасаясь с ее рабочим зазором. Поскольку магнитное сопротивление этого зазора значительно больше магнитного сопротивления сердечника головки, большая часть магнитного потока, наводимого звуконосителем, проходит по сердечнику головки и индуктирует в ее обмотке э. д. с., изменяющуюся в соответствии с сигналами, записанными на ферромагнитной ленте.

Мощность возникающего в обмотке воспроизводящей головки электрического сигнала недостаточна для приведения в действие громкоговорителя. Поэтому полученный от головки сигнал усиливают с помощью усилителя воспроизведения *8*.

Сквозной канал

Процесс звукопередачи с помощью магнитной записи звука (рис. 7-25) обычно разбивается на канал записи (микрофон-усилитель записи — записывающая головка) и канал воспроизведения (воспроизводящая головка — усилитель воспроизведения — громкоговоритель). Оба вместе эти каналы образуют так называемый «сквозной канал», в котором начало процесса звукопередачи начинается у микрофона и заканчивается громкоговорителем.

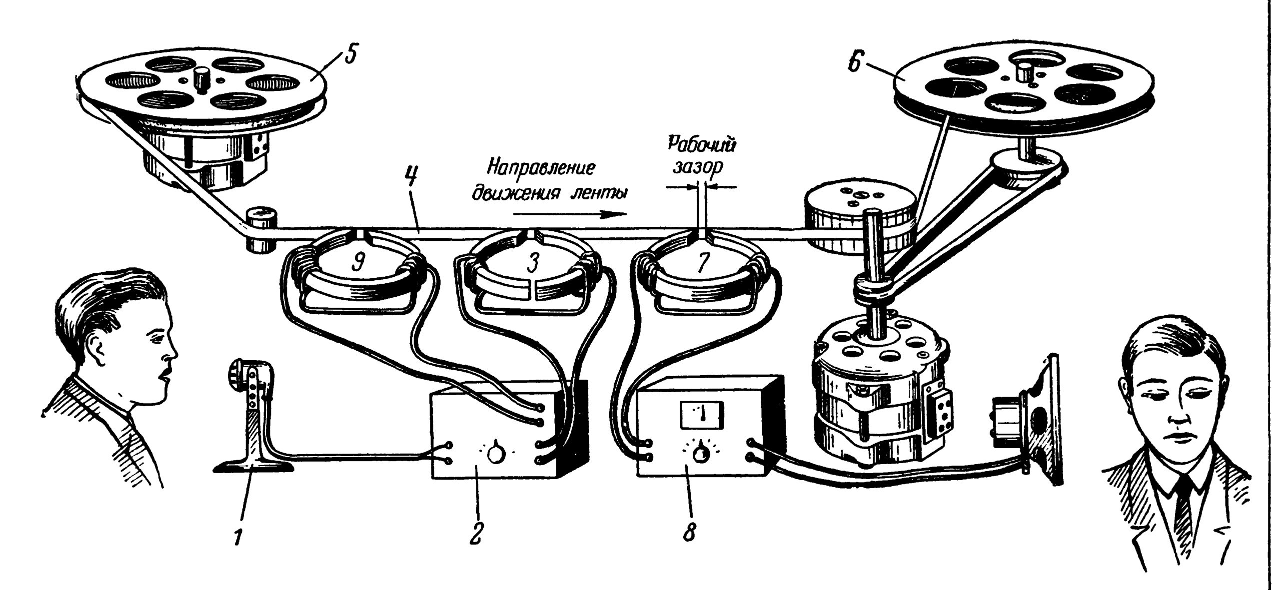


Рис. 7-25. Принцип магнитного способа звукозаписи и воспроизведения.

Стирание

Лента, предназначенная для записи, не должна нести на себе следов сделанной ранее записи и следов каких-либо случайных намагниченностей (например, от прикосновения намагниченной отверткой). Поэтому до того, как лента коснется при своем движении головки записи, ее необходимо размагнитить или, как говорят, «стереть» с нее старые намагниченности.

Стирание в переменном магнитном поле основано на физическом явлении размагничивания ферромагнитных тел при их помещении в сильное переменное магнитное поле с постепенно уменьшающейся амплитудой до нуля.

Для размагничивания ленты используют стирающую головку *9* (рис. 7-25), через обмотку которой от генератора проходит ток ВЧ. При этом создается сильное переменное магнитное поле у рабочего зазора, плавно спадающее по обе его стороны. Движущаяся мимо зазора стирающей головки магнитофонная лента испытывает значительное количество (не менее 100) следующих друг за другом циклов перемагничивания и, покидая убывающее (за пределами зазора) поле, становится полностью размагниченной.

Важным условием хорошего (полного) стирания старой записи является синусоидальная форма кривой тока в стирающей головке.

Недостатком такого способа размагничивания является большая его продолжительность и иногда неполное стирание ранее записанных очень громких сигналов. Для улучшения стирания громких сигналов осуществляют предварительное (до записи) размагничивание ленты с помощью размагничивающего дросселя (см. стр. 285). Предварительное стирание применяют и в легких портативных магнитофонах, где обычно отсутствуют генератор тока стирания и стирающая головка.

Стирание постоянным магнитом. В портативных конструкциях для экономии электроэнергии или при необходимости избежать применения специального генератора любители иногда осуществляют стирание записи постоянным магнитом, проводя им вдоль ленты. Этот способ прост, но имеет существенный недостаток, заключающийся в относительно большом уровне шумов, воспринимаемых в виде шипения при воспроизведении.

Качественные показатели магнитофонов

Магнитофоны делятся на пять групп в зависимости от рабочей скорости движения ленты (табл. 7-8). В радиолюбительских конструкциях целесообразно применять скорости 190,5 и 95,3 *мм/сек*, так как на этих скоростях ленты можно получить достаточно хорошее качество звуковоспроизведения при малом расходе ленты.

Магнитофоны характеризуются следующими данными.

Уровень записи. Под уровнем той или иной записи подразумевают степень полезной намагниченности ленты, на которой осуществлена запись. Степень намагниченности непрерывно меняется по длине ленты, поэтому о намагниченности (т. е. об остаточном магнитном поле) судят по ее среднему эффективному значению, поскольку это значение определяет громкость воспроизведения данной записи.

Однако при чрезмерной намагниченности ленты (или, как говорят, при ее перемодуляции) возникают большие искажения. Каждый тип

Таблица 7-8

Основные качественные показатели магнитофонов

Группа	1	2	3	4	5
Скорость движения ленты, *мм/сек*	762	381	190,5	95,3	Менее 95,3 (47,6; 28, 8)
Применение	В аппаратах для радиовещания		В репортажных, бытовых и любительских магнитофонах		
Тип используемой ленты	1	2	2	2	2
Порядок намотки ленты на кассеты (или бобышки)	Рабочим слоем наружу рулона		Рабочим слоем внутрь рулона		
Тип измерительной ленты, применяемой для проверки магнитофонов	РТ-76	РТ-38	РТ-19	РТ-19	—
Полоса пропускания сквозного канала $f_н - f_в$, *гц*	30—15 000	30—15 000	50—10 000	100—6 000	—
Неравномерность сквозной частотной характеристики, *дб*:					
в пределах от $f_н$ до $2f_н$	—5	—5	— 7 — + 3	— 7 — + 3	
» » » $2f_н$ » $4f_н$	—	—	— 4 — + 3	— 4 — + 3	
» » » $4f_н$ » $0,66f_в$	—3	—3	—	—	
» » » $0,66f_в$ » $f_в$	—5	—5	— 7 — + 3	— 7 — + 3	
Относительный уровень шумов сквозного канала не хуже, *дб*	—60	—60	—35	—35	—
Коэффициент нелинейных искажений в сквозном канале при максимальном уровне записи на частоте 400 *гц* не более, %	3	2	5	5	—
Максимальный уровень записи на ленте, *ммкс*	100	160	160	160	—
Отклонение скорости движения ленты от номинального значения не более, %	± 0,2	± 0,2	± 0,2	± 0,2	—

ленты допускает некоторую максимально возможную намагниченность при которой искажения не превышают заданной величины. Эта степень намагниченности достигается при так называемом максимальном уровне записи.

Максимальный уровень записи — это уровень записи на ленте, соответствующий при ширине звуковой дорожки 6,35 *мм* следующим средним значениям остаточного магнитного поля ленты: для магнитофонов со скоростью движения ленты 762 *мм/сек* — 100 *ммкс* (миллимаксвелл) и для магнитофонов со скоростью движения ленты 381, 190,5 и 95,3 *мм/сек* — 160 *ммкс*.

Определение максимального уровня записи на ленте производится путем сравнения громкости при воспроизведении измерительной ленты и выполненной контрольной записи.

Номинальное положение регулятора усиления канала записи соответствует максимальному уровню записи на ленте при нормальном (для данного магнитофона) входном напряжении звукового сигнала: частотой 400 *гц* для магнитофонов 1—3-й групп и 200 *гц* для магнитофонов 4-й группы.

Номинальное положение регулятора усиления канала воспроизведения соответствует нормальному выходному уровню (на номинальной нагрузке) при воспроизведении записи максимального уровня.

Частотная характеристика сквозного канала. При измерении сквозной частотной характеристики от звукового генератора на вход магнитофона подается для записи сигнал сначала с нормальным для испытуемого магнитофона напряжением. Ручка регулятора усиления в усилителе записи устанавливается в номинальное положение. Если магнитофон имеет универсальный усилитель, то после установки нужного усиления положение ручки отмечается. Вполне достаточна продолжительность записи около 1 *мин*.

При воспроизведении записанного сигнала ручка регулятора усиления канала воспроизведения устанавливается в номинальное положение. В магнитофоне с универсальным усилителем новое положение ручки регулятора усиления отмечается как номинальное при воспроизведении.

После этого напряжение сигнала, подаваемого от звукового генератора на вход магнитофона, уменьшают в 5 раз (на 14 *дб*) и, поддерживая входное напряжение строго постоянным, записывают ряд звуковых частот в пределах рабочего диапазона магнитофона.

При воспроизведении этой записи регистрируют изменения выходного напряжения и полученные данные используют для построения частотной характеристики. Для этого на горизонтальной оси графика отмечают частоты, запись которых производилась на ленту, и над каждой отметкой по вертикали откладывают (в каком-либо одном масштабе) соответствующие значения выходного напряжения. Соединение полученного ряда точек плавной линией даст график изменения выходного напряжения в зависимости от частоты, т. е. частотную характеристику магнитофона. Поскольку в измерении ее участвовали и канал записи и канал воспроизведения, то полученную таким образом характеристику называют сквозной частотной характеристикой магнитофона.

В магнитофонах с раздельными усилителями записи и воспроизведения измерение выходного напряжения производится при выключенном усилителе записи.

Относительный уровень шумов сквозного канала. Для измерения относительного уровня шумов от звукового генератора на вход магнитофона подается нормальное входное напряжение (400 *гц* для магнитофонов 1—3-й групп и 200 *гц* для 4-й группы), и сигнал записывается при номинальном положении регулятора усиления канала записи (осуществляется запись максимального уровня). Затем генератор звуковой частоты отключается, вместо него ко входу присоединяется сопротивление, равное внутреннему сопротивлению источника входного сигнала, и, не меняя положения ручки регулятора усиления, снова производят запись, но уже при отсутствии сигнала на входе магнитофона (запись «паузы»).

Переключив затем магнитофон на воспроизведение и при номинальном положении ручек регуляторов усиления и тембра регистрируют показания вольтметра на выходе магнитофона. Соотношение величин напряжения на выходе при воспроизведении записи паузы и при воспроизведении записи максимального уровня представляет собой относительный уровень шумов сквозного канала.

Перед началом измерений лента, магнитные головки и другие детали, находящиеся на панели лентопротяжного механизма, должны быть тщательно размагничены с помощью размагничивающего дросселя. На выходе магнитофона должно быть включено нормальное для испытуемого магнитофона сопротивление нагрузки.

Ферромагнитная лента

Наиболее практическое распространение имеет лента шириной 6,35 *мм* и толщиной около 0,05 *мм*. Она выпускается рулонами, намотанными на сердечники (для профессиональных магнитофонов) или на кассеты (для бытовых магнитофонов, табл. 7-9).

Таблица 7-9

Кассеты для ферромагнитной ленты

Номер кассеты	Наружный диаметр кассеты, *мм*	Вместимость, *м*	Продолжительность звучания одной звуковой дорожки при скорости ленты, *мм/сек*		
			190,5	95,3	48
7,5	75	50	4 *мин*	8 *мин*	16 *мин*
10	100	100	8 *мин*	16 *мин*	32 *мин*
13	127	200	16 *мин*	32 *мин*	64 *мин*
18	178	350	30 *мин*	1 *ч*	2 *ч*
22	220	500	40 *мин*	1 *ч* 20 *мин*	2 *ч* 40 *мин*

Лента типа 1 предназначена для работы в аппаратах звукозаписи профессионального типа при скорости 762 *мм/сек*. Лента типа 2 применяется для работы при скорости 381 *мм/сек* в аппаратах профессионального типа, а также в бытовых, репортажных и любительских магнитофонах, в которых лента движется со скоростью 190,5 *мм/сек* и ниже. На частоте 400 *гц* эта лента дает примерно в 1,4 раза, а в области верхних частот — в 3 раза бóльшую отдачу (т. е. напряжение, развиваемое головкой вос-

произведения), чем лента типа 1. Для ленты типа 2 требуется ток подмагничивания, в 2 раза больший, чем для ленты типа 1.

Шлифовка ленты. Поверхность ленты, особенно не бывшей в употреблении, шероховата за счет выступающих частиц рабочего слоя (зерен ферромагнитного порошка). Такая лента плохо прилегает к головкам, что увеличивает шумы и ухудшает частотную характеристику. Шлифовкой рабочего слоя ленты можно почти вдвое повысить отдачу ленты в области верхних частот. На рис. 7-26 приведена кинематическая схема устройства для шлифовки. Лента сматывается с рулона *А* и наматывается на рулон *Б*, проходя на своем пути мимо вращающихся роликов *Р1*, *Р2* и *Р3*. Между роликами *Р1* и *Р3* лента движется в разных направлениях, и соприкасающиеся рабочие поверхности взаимно шлифуются.

Хранение ферромагнитной ленты. Лента должна храниться при температуре 10—20° С при относительной влажности воздуха 50—60%. В очень сухом помещении с повышенной температурой она быстро разрушается — становится хрупкой и легко ломается при прикосновении; хранение в прохладном влажном помещении действует менее вредно.

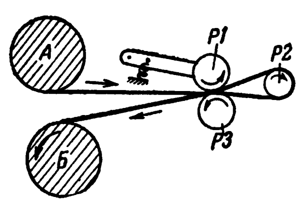


Рис. 7-26. Шлифовка ленты.

Ленту следует хранить в вертикально поставленной картонной папке. Если лента намотана не на кассету, а на бобышку, в центре папки укрепляют деревянную шпильку, на которую и надевают бобышку рулона ленты. В таком состоянии лента менее всего подвергается каким-либо деформациям.

Нельзя хранить ленту с записью вблизи больших железных масс, а также электромагнитов, автотрансформаторов, стабилизаторов и других устройств, создающих сильные магнитные поля.

Склейка ленты. Хорошо склеивает ферромагнитную ленту клей, составленный из двух весовых частей ацетона, одной части этилацетата и одной части уксусной кислоты ледяной. Для этих же целей применяют клей, состоящий из уксусной кислоты — 23,5 *см*³, ацетона — 63,5 *см*³ и бутилацетата — 13,5 *см*³. На ленту нужно наносить тонкий ровный слой клея. Если клея взять больше, чем следует, то после высыхания лента коробится.

При отсутствии специального клея для соединения концов оборванной ленты можно использовать липкий медицинский пластырь.

Восстановление прочности ленты. После нескольких лет хранения, особенно в неблагоприятных условиях, основа ленты высыхает, она становится хрупкой и легко рвется. Если ваткой, смоченной в прохладной воде, протереть рулон ленты или кассету с лентой обернуть на 5—10 *мин* сырой тряпкой, то лента на некоторое время становится более прочной. Это позволяет воспроизвести магнитофильм и одновременно переписать его на новую ленту.

Измерительные ленты используют для проверки и налаживания магнитофонов. В магнитофонах со скоростью движения ленты 190,5 *мм/сек* применяют измерительную ленту типа РТ-19, а при скорости 95,3 *мм/сек* — РТ-9. Каждая лента состоит из четырех частей, обозначенных индексами «У», «Ч», «Д» и «С».

Часть ленты с индексом «У» содержит запись сигнала с частотой 400 *гц* (для измерительной ленты РТ-19) или 200 *гц* (для ленты РТ-9)

и применяется для измерения усиления усилителя воспроизведения магнитофона.

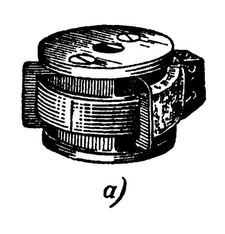
Часть ленты с индексом «Ч» предназначается для проверки положения рабочих зазоров головки по отношению к направлению движения ленты и измерения частотной характеристики воспроизводящего канала магнитофона.

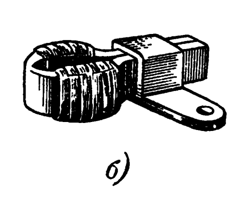
Часть ленты с индексом «Д» содержит запись частоты 3 000 *гц*, выполненную на специальном магнитофоне с повышенной стабильностью скорости ленты. С ее помощью можно оценить, насколько равномерна скорость движения ленты в магнитофоне.

Часть с индексом «С» предназначена для проверки сквозных частотных характеристик магнитофона. Эта часть содержит специально отобранную размагниченную ленту типа 2.

Магнитные головки

Сердечники магнитных головок (рис. 7-27) выполняются из двух отдельных половинок, разделенных двумя зазорами. Половины сердечника набираются из пластин (рис. 7-29), изготовленных из пермаллоя или трансформаторной стали. Они изолированы друг от друга пленкой окиси, существующей на их поверхности. Пластины склеиваются клеем БФ-4 или ЭКС-1. Половины сердечника соединяют скобой с помощью винтов и латунной прокладки. Скобу надевают на удлиненную заднюю часть головки.





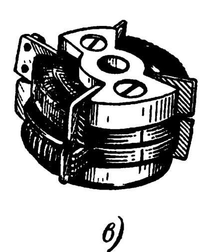


Рис. 7-27. Магнитные головки.

а — тороидальная, применяемая в радиовещательных и других магнитофонах при скоростях движения магнитной ленты 762, 381 и 190,5 *мм/сек*; *б* — самодельная; *в* — для одновременной записи или воспроизведения двух дорожек на магнитной ленте шириной 6,35 *мм*.

Один из зазоров, соприкасающийся во время записи или воспроизведения с ферромагнитной лентой, называют передним или рабочим зазором, а другой — задним. В рабочий зазор вставляется прокладка из фосфористой или бериллиевой бронзы. Она предохраняет зазор от забивания ферромагнитными частицами, отделяющимися с поверхности ленты, что равносильно замыканию зазора. Толщина прокладки определяет длину рабочего зазора.

Стирающие, записывающие, воспроизводящие и универсальные головки (см. табл. 7-10) отличаются числом витков обмоток и величинами рабочих зазоров: 0,005—0,02 *мм* у воспроизводящих, записывающих и универсальных и 0,05—0,2 *мм* у стирающих. Стирающие и воспроизводящие головки заднего зазора не имеют,

Таблица 7-10

Магнитные головки некоторых магнитофонов

Тип головки	«Эльфа-6», «Эльфа-10»	«Днепр-5»	«Днепр-10»	«Яуза»	«Мелодия» (МГУ-2, МГС-1)	Самодельная универсальная головка
Толщина пермаллоевого сердечника, головки, *мм*:						
универсальной	2,5	7	2,5	2,5	2,5	2,8
стирающей	3	7	3	3	3	3
Число витков и провод головки:						
универсальной	2 × 1 500 ПЭЛ 0,08	2 × 1 500 ПЭЛ 0,1	2 × 1 500 ПЭЛ 0,1	2 500 + 50 ПЭЛ 0,05		2 × 1 500 ПЭЛ 0,09
стирающей	2 × 200 ПЭЛ 0,2	2 × 75 ПЭЛ 0,41	2 × 100 ПЭЛ 0,31	450 ПЭЛ 0,12		2 × 220 ПЭЛ 0,22
Индуктивность головки, *мгн*:						
универсальной	750	1 000	1 000	300	750—980	700
стирающей	10	2	2	9	7	12

Продолжение табл. 7-10

Тип головки	«Эльфа-6», «Эльфа-10»	«Днепр-5»	«Днепр-10»	«Яуза»	«Мелодия» (МГУ-2, МГС-1)	Самодельная универсальная головка
Номинальный ток, *ма*:						
записи	0,25	0,1	0,05	0,2	0,17	0,3
подмагничивания	2	1,1	0,5	2	0,8	2
стирания	30	75	100	50	45	45
Частота тока подмагничивания, *кгц*	25	35	35	30	45	40
Рабочий зазор головки, *мм*:						
универсальной	0,01	0,012	0,008	0,01	—	0,012
стирающей	0,1	0,2	0,12	0,1	—	0,1
Задний зазор универсальной головки, *мм*	0,1	0,15	0,1	0,1	—	0,1
Э. д. с. воспроизводящей головки (при скорости 190,5 *мм/сек*), *мв*	1,2	3,5	1,2—1,4	1,2	1,2—1,4	0,85

Магнитные головки для двух- и трехдорожечной записи отличаются от головок, предназначенных для однодорожечной записи (рис. 7-28), меньшей высотой пакета сердечника (набор пластин).

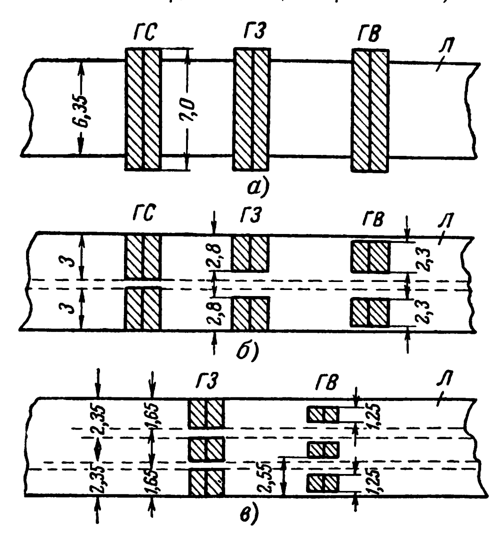


Рис. 7-28. Расположение магнитных головок и высота их сердечников при записи на магнитной ленте.

а — одной дорожки; *б* — двух дорожек; *в* — трех дорожек.

ГВ — воспроизводящая головка; *ГЗ* — записывающая головка; *ГС* — стирающая головка; *Л* — ферромагнитная лента.

Несмотря на заманчивость с экономической точки зрения применения в магнитофоне одной универсальной головки, желательно все же использование двух специализированных головок для записи и воспроизведения. В этом случае можно наладить магнитофон с меньшей затратой труда. При использовании универсальной головки через систему коммутации к ней сходятся вход и выход усилителя. По этой причине избавиться от самовозбуждения усилителя и хорошо наладить его часто бывает очень трудно. Лишь в малогабаритных магнитофонах применяют универсальные головки.

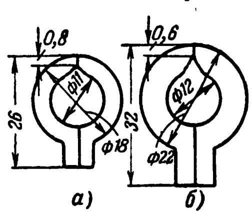


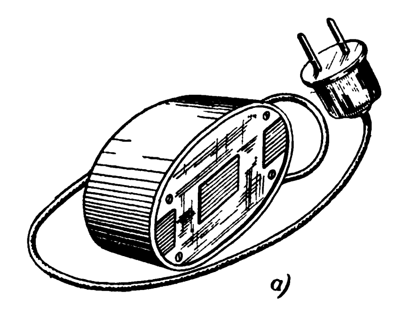
Рис. 7-29. Пластины для сборки сердечников.

а — из пермаллоя; *б* — из трансформаторной стали.

Размагничивание ленты и деталей магнитофона

В процессе эксплуатации магнитофона головки их экраны и стальные детали лентопротяжного механизма намагничиваются от движения ферромагнитной ленты, а также от случайного прикосновения намагниченными предметами, например отвертками.

Размагничивать эти детали полезно всякий раз перед использованием магнитофона и особенно важно перед зарядкой магнитофона измерительной лентой. Размагничивание уменьшает шумы при записи и воспроизведении и значительно улучшает качество записи. Эту операцию осуществляют с помощью размагничивающего дросселя (рис. 7-30). Он представляет собой катушку с незамкнутым магнитным сердечником, питаемую переменным током. Для получения большего поля рассеивания, а следовательно, и более равномерного по всей детали размагничивания при сборке сердечника вместо четырех-пяти стальных пластин в окно катушки помещают такие же по форме картонные прокладки толщиной 1,0 *мм*. Прокладки распределяют равномерно по сечению сердечника.



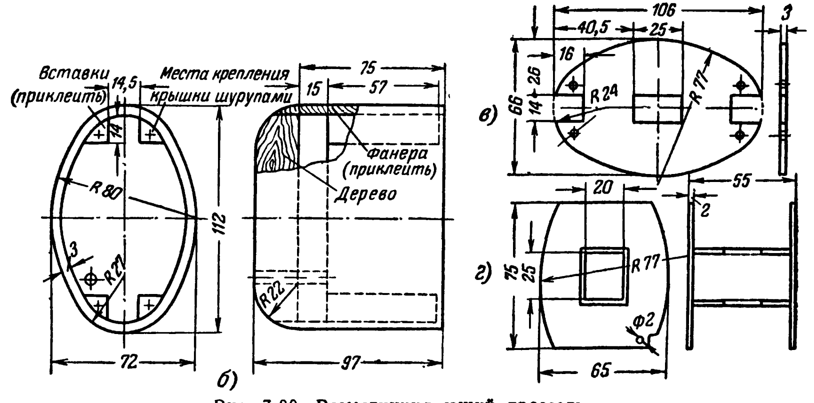


Рис. 7-30. Размагничивающий дроссель.

а — общий вид; *б* — футляр; *в* — крышка футляра; *г* — каркас катушки.

Обмотка дросселя содержит 2 000 витков провода ПЭЛ 0,51—0,58 для сети 220 *в* или 1 000 витков провода ПЭЛ 0,8 — 0,9 для сети 127 *в*.

Размагничивающий дроссель включают в электросеть на расстоянии 1—1,5 *м* от магнитофона, чтобы первый импульс тока не намагнитил магнитные головки или детали еще более. Затем дроссель медленно подносят к размагничиваемой детали или рулону ленты почти до соприкосновения с ней и медленно описывают им несколько круговых движений, постепенно удаляя его от этой детали. Подносить и относить включенный дроссель нужно всегда по возможности медленнее. Размагничивающий дроссель нельзя оставлять включенным в электросеть более трех минут во избежание его перегрева. Выключать дроссель можно только после удаления его на 1—1,5 *м* от магнитофона.

Усилители магнитофонов

Микрофон и воспроизводящая головка развивают уровни электрического сигнала, измеряемые милливольтами. Поэтому получаемые от них сигналы необходимо усиливать.

Можно в магнитофоне применить отдельные усилители записи и воспроизведения (рис. 7-31, *а*). В этом случае магнитофон легко налаживается и позволяет в дальнейшем по величине выходного напряжения, откалиброванного по усилению (с помощью части «У» измерительной ленты) предварительного усилителя воспроизведения, судить о степени намагниченности ленты. Контроль качества записи на ленту осуществляется при этом в процессе самой записи.

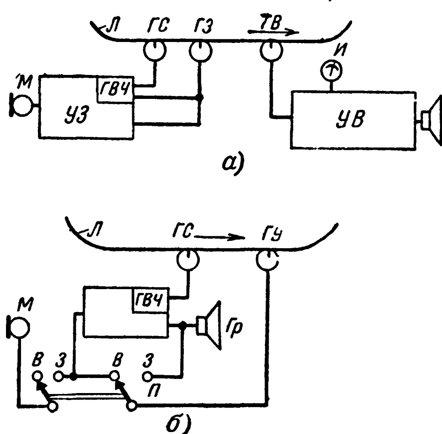


Рис. 7-31. Электрические блок-схемы магнитофонов.

а — с двумя усилителями, один из которых (*УЗ*) служит для записи, а другой (*УВ*)—для воспроизведения; *б* — с одним усилителем, служащим и для записи и для воспроизведения.

В бытовых и портативных магнитофонах при записи и воспроизведении часто используется один и тот же усилитель (рис. 7-31, *б*). Такой усилитель называют универсальным. Переход с одного рода работы на другой осуществляется в нем переключателем *П*. При установке его в положение *В* (воспроизведение) универсальная магнитная головка *ГУ* включается на вход усилителя, а при установке в положение *З* (запись) — на его выход.

Последняя схема требует для своего выполнения меньшего количества деталей, однако налаживание магнитофона с универсальным усилителем значительно сложнее. Удовлетворительно наладить магнитофон, построенный по этой схеме, удается только с помощью генератора звуковой частоты, измерителя искажений, лампового милливольтметра и другой специальной контрольно-измерительной аппаратуры.

Усилитель записи (рис. 7-32) рассчитан для работы от микрофона, звукоснимателя и приемника. При работе от приемника сигнал снимается с нагрузки детектора. Предусмотрена возможность производить запись речи на фоне музыки. Для регулировки уровней каждого из сигналов служат потенциометры R_7 и R_8. Уровень суммарного сигнала регулируется потенциометром R_{11}. Сопротивления R_9 и R_{10} служат для уменьшения влияния на выходной сигнал положения движков потенциометров R_7 и R_8.

Переменное сопротивление R_{15} позволяет изменять усиление на верхних частотах.

Выходной сигнал на головку *ГЗ* снимается с сопротивления R_{22} включенного в цепь катода триода $Л_{3б}$ оконечного каскада.

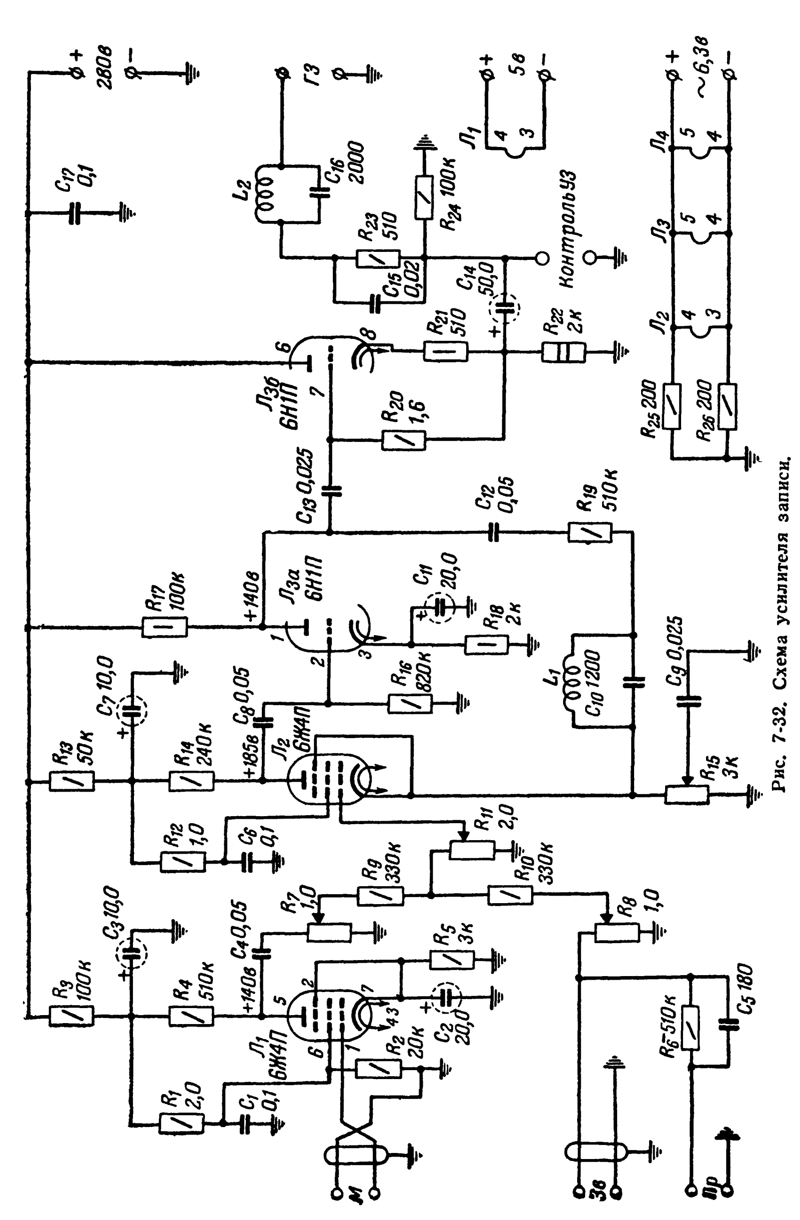


Рис. 7-32. Схема усилителя записи.

Усилитель рассчитан на работу с самодельной магнитной головкой (см. табл. 7-10) с уменьшенным числом витков (2 × 150 витков ПЭЛ 0,25).

Для устранения возможности замыкания тока подмагничивания через сопротивление R_{22} в выходную цепь включен фильтр-пробка L_2C_{16} (данные его катушки см. на стр. 292).

Предварительный усилитель воспроизведения (рис. 7-33) усиливает поступающие от воспроизводящей головки сигналы и должным образом

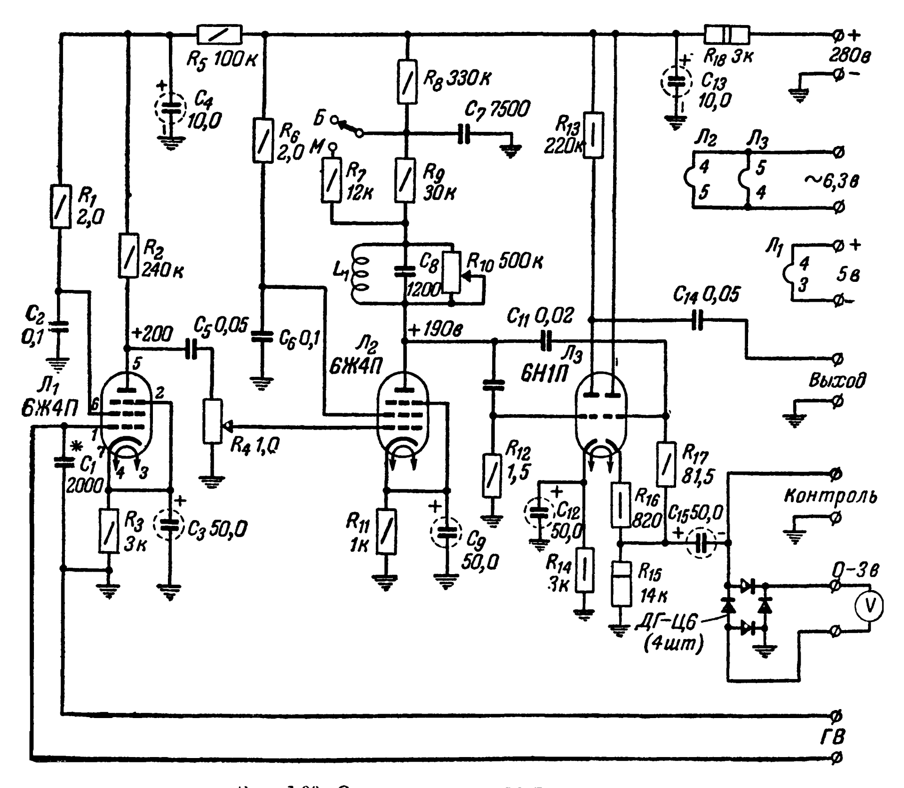


Рис. 7-33. Схема усилителя воспроизведения.

корректирует их. При налаживании и регулировке усилителя с помощью измерительной ленты он калибруется по усилению, и в дальнейшем по величине его выходного напряжения судят о степени намагниченности ленты. Установка выходного уровня производится потенциометром R_4, после чего положение его ручки фиксируется. Индикатором выходного напряжения служит вольтметр постоянного тока со шкалой 0—3 *в*.

Необходимая частотная коррекция (см. ниже) осуществляется в цепи управляющей сетки лампы $Л_1$ и в анодной цепи лампы $Л_2$.

Выходное напряжение усилителя 1,5 *в* вполне достаточно для подачи на двухкаскадный усилитель с одной или двумя лампами 6П14П, 6П1П или 6П6С в оконечном каскаде (см. § 3-11)

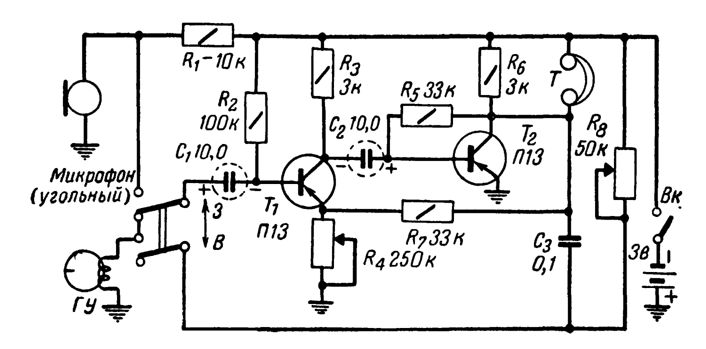


Рис. 7-34. Схема универсального усилителя для легкого переносного магнитофона.

Универсальный усилитель для переносного магнитофона. В переносном магнитофоне можно применить универсальный усилитель на двух полупроводниковых триодах типа П13 или П15 (рис. 7-34). Величина тока подмагничивания при записи регулируется здесь переменным сопротивлением R_8. Запись производится с угольного микрофона.

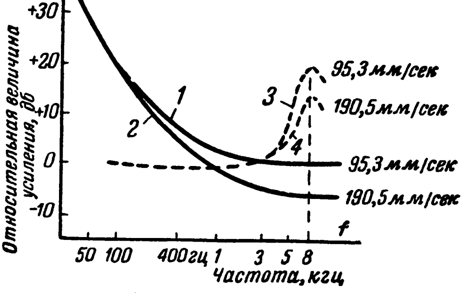


Рис. 7-35. Частотные характеристики усилителей записи и воспроизведения.

1 — стандартизованная частотная характеристика усилителя воспроизведения при скорости ленты 95,3 *мм/сек*; *2* — то же при скорости ленты 190,5 *мм/сек*; *3* — примерная частотная характеристика усилителя записи при скорости ленты 95,3 *мм/сек*; *4* — то же при скорости ленты 190,5 *мм/сек*.

Необходимость частотной коррекции. В системах магнитной записи — воспроизведения звука необходимость коррекции (изменения) частотных характеристик усилителей вызывается целым рядом причин, наиболее существенными из которых являются: 1) лента саморазмагничивается и тем в большей степени, чем выше записываемая частота; 2) отдача магнитных головок на разных частотах неодинакова; 3) наличие зазора между ферромагнитным слоем ленты и магнитными головками в результате плохого прижима и неровности поверхности этого слоя.

Частотную коррекцию осуществляют включением в усилители записи и воспроизведения, а также в цепи записывающей и воспроизводящей головок корректирующих элементов — конденсаторов и катушек

индуктивностей. Для этой же цели в усилители вводят частотно-зависимые отрицательные обратные связи (см. § 3-11).

Чтобы любой магнитофильм можно было воспроизводить на всяком магнитофоне и качество воспроизведения было по возможности одинаковым, частотная характеристика каналов воспроизведения магнитофона должна быть стандартной (рис. 7-35). Практически требуемую характеристику этого канала устанавливают при помощи измерительной ленты (часть «Ч»), воспроизводя ее для этого на испытуемом (налаживаемом) магнитофоне.

Типовые схемы коррекции. На схеме рис. 7-36, *а* сопротивление R_1, шунтирующее воспроизводящую головку *ГВ*, ослабляет усиление средних и верхних частот, вследствие чего происходит относительный подъем нижних частот. Уменьшение сопротивления R_1 увеличивает его влияние на степень коррекции, но приводит к снижению уровня входного сигнала. По этой причине коррекция частотной характеристики шунтированием головки активным сопротивлением осуществляется лишь частично.

На схеме рис. 7-36, *б* для подъема усиления на высшей рабочей частоте использовано явление резонанса, возникающее на этой частоте в контуре, образованном индуктивностью обмотки головки и конденсатором C_1.

На схеме рис. 7-36, *в* показано включение корректирующей ячейки C_1R_1 в цепь записывающей головки. Поскольку сопротивление магнитной головки, которая является выходной нагрузкой усилителя записи, носит в основном индуктивный характер, оно растет с частотой. Для некоторого выравнивания сопротивления нагрузки в рабочей полосе частот в цепь головки включается корректирующая ячейка C_1R_1. Ее сопротивление увеличивается с уменьшением частоты сигнала. Элементы ячейки выбираются так, чтобы на низшей частоте сопротивление ячейки было примерно равно сопротивлению записывающей головки на высшей частоте. В результате нагрузка усилителя не изменяется от частоты в столь больших пределах, как без корректирующей ячейки.

Весьма эффективная схема коррекции приведена на рис. 7-36, *г*. Здесь в анодную цепь первого каскада усилителя включена частотно-зависимая нагрузка. На средних частотах основной нагрузкой является сопротивление R_1. Резонансный контур L_1C_1, настроенный на высшую частоту, представляет для средней частоты малое сопротивление, а сопротивление R_2 и конденсатор C_2 ведут себя на средних и более высоких частотах как ячейка развязки. С повышением частоты полное сопротивление контура L_1C_1 увеличивается и достигает наибольшей величины на высшей рабочей частоте. Вследствие этого происходит подъем частотной характеристики на верхних частотах. При этом анодной нагрузкой служит суммарное сопротивление контура L_1C_1 и R_1. На низшей рабочей частоте влияние конденсатора C_2 оказывается ничтожным и нагрузка лампы определяется в основном суммой сопротивлений R_1 и R_2.

На рис. 7-36, *д* показан способ коррекции частотной характеристики с помощью частотно-зависимой отрицательной обратной связи, которая подается из анодной цепи лампы $Л_2$ в цепь катода лампы $Л_1$. Глубина отрицательной обратной связи зависит от частоты звукового сигнала вследствие наличия в цепи обратной связи резонансного контура L_1C_6. Этот контур настраивается на высшую рабочую частоту (на 7 000 *гц* при указанных на схеме деталях). Усиление на этой частоте наибольшее.

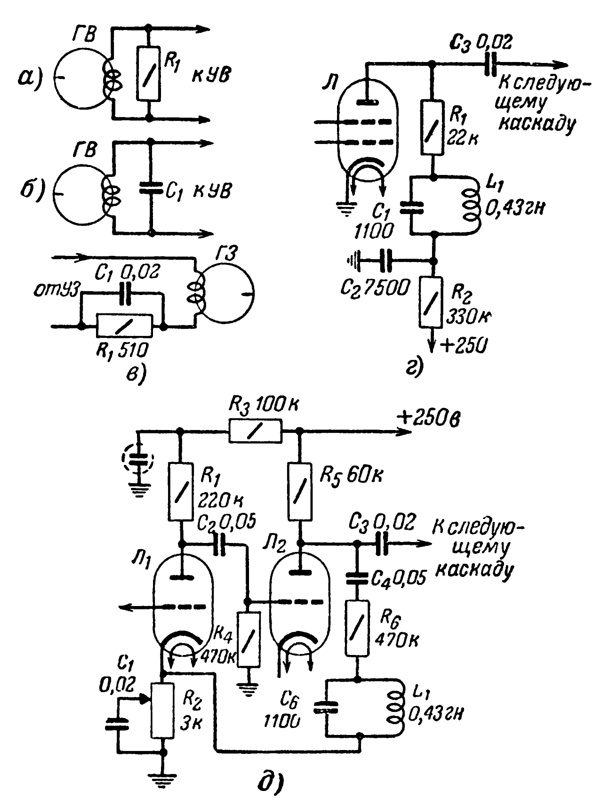


Рис. 7-36. Типовые схемы коррекции.

а — шунтирование воспроизводящей головки сопротивлением для получения подъема усиления на нижних частотах; *б* — настройка цепи головки с помощью конденсатора в резонанс на высшую рабочую частоту (этим достигается подъем усиления на высшей рабочей частоте на 12—15 *дб*); *в* — включение ячейки R_1 C_1, выравнивающей сопротивление нагрузки (записывающей головки) в рабочем диапазоне частот; *г* — включение в анодную цепь лампы частотно-зависимой нагрузки; *д* — схема коррекции с частотно-зависимой отрицательной обратной связью.

С помощью переменного сопротивления R_2 можно регулировать величину подъема усиления на верхних частотах. Сопротивление R_6 ограничивает величину обратной связи во всем звуковом диапазоне.

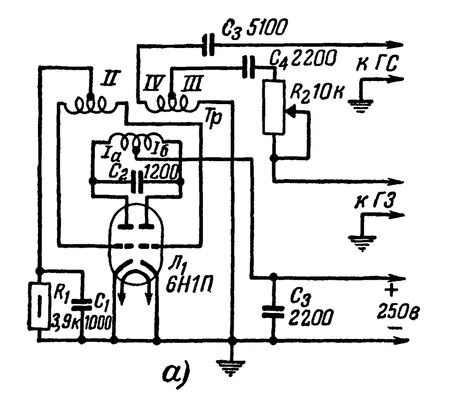
Генератор высокой частоты

В магнитофонах с повышенным качеством звукопередачи необходим генератор высокой частоты (ГВЧ); он служит для стирания и подмагничивания ленты.

Генератор любительского магнитофона можно собрать по двухтактной схеме (рис. 7-37). Частота генератора 42 *кгц*.

Трансформатор *Тр* магнитного сердечника не имеет.

Его каркас изготовляют из органического стекла, дерева или картона. Деревянный или картонный каркас пропитывают в расплавленном, но не доведенном до кипения парафине или покрывают 10%-ным целлулоидным клеем.



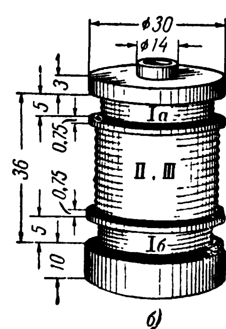


Рис. 7-37. Генератор высокой частоты.
а — принципиальная схема; *б* — каркас с катушками.

Обмотки *Iа* и *Iб* — по 550 витков ПЭЛ 0,21 соединяются последовательно; обмотка *II* — 125 + 125 витков ПЭЛ 0,2—0,22; обмотка *III* — 250 витков ПЭЛ 0,31; обмотка *IV* — 50 витков провода ПЭЛ 0,31. Трансформатор укрепляется на шасси со стороны утолщенной щечки каркаса. Это необходимо для удаления обмоток от металла шасси.

При параллельном питании записывающей головки (рис. 7-32) усилитель записи подключается через фильтр-пробку, состоящий из конденсатора емкостью 2 000 *пф* и присоединенной параллельно ему катушки, намотанной на таком же каркасе, как и катушка генератора, но без перегородок. Катушка содержит 475 витков ПЭЛ 0,47.

Лентопротяжные механизмы

Основная задача лентопротяжного механизма — обеспечивать при записи и воспроизведении равномерное движение ферромагнитной ленты на заданной скорости. Кроме того, он должен допускать ускоренную перемотку ленты в прямом и обратном направлениях и возможность быстрой ее остановки как во время записи или воспроизведения, так и во время перемотки.

Лентопротяжные механизмы магнитофонов выполняются с одним или тремя электродвигателями. Соответственно такие магнитофоны называют одномоторными и трехмоторными.

В одномоторном магнитофоне один и тот же двигатель используется для приведения в движение ленты при записи и воспроизведении и для ускоренной обратной перемотки ленты.

В трехмоторном магнитофоне один двигатель (ведущий) служит

для приведения в движение ленты при записи и воспроизведении, другой, расположенный на панели лентопротяжного механизма — слева (отсюда его название «левый»), — для ускоренной обратной перемотки ленты и третий («правый») — для приема ленты (во многих конструкциях его используют также и для ускоренной перемотки вперед, что повышает удобство эксплуатации магнитофона). В связи с принятым названием двигателей кассету с лентой, укрепленную на валу левого двигателя, называют «левой кассетой» или «подающей», а кассету, укрепленную на валу правого двигателя, — «правой» кассетой или «приемной».

В репортажных, бытовых и любительских магнитофонах направление движения ленты установлено слева направо. Лента наматывается на кассеты ферромагнитным слоем внутрь.

Неравномерность движения ленты в магнитофоне обусловлена несовершенством изготовления вращающихся деталей и конструкции электродвигателей.

Неравномерное движение ленты при воспроизведении записи вызывает искажения, которые называют детонацией. Изготовить лентопротяжный механизм, не вызывающий детонации, невозможно. Даже достаточно сложные, с большой точностью выполненные лентопротяжные механизмы все же не обеспечивают абсолютно равномерного движения ленты.

Источниками, вызывающими неравномерное движение ленты в лентопротяжном механизме, являются электродвигатель (или пружинный мотор), узлы системы передачи, подшипники и другие вращающиеся детали. Колебания скорости вращения вала электродвигателя при изменении величины и частоты питающего напряжения вызывают непостоянство развиваемого двигателем крутящего момента. В электродвигателе существуют также колебания скорости, обусловленные особенностью распределения и изменения магнитной индукции вдоль зазора между ротором и статором на протяжении каждого полупериода (качание ротора), вследствие этого при питании переменным током 50 *гц* возникают колебания скорости с частотой 100 *гц*.

Передачи, выполненные с помощью шкивов и соединяющего их пассика, вызывают колебания скорости вследствие существования эксцентриситета в шкивах и неоднородностей (узлы, неодинаковая толщина и плотность) в пассике. В этом отношении круглый пассик хуже, так как малейшие изменения в его толщине или жесткости способствуют увеличению неравномерности движения ленты. Хорошие результаты дают пассики, выполненные из плотной тесьмы шириной 11 *мм*, сшитые концами наружу.

Изменения скорости движения ленты с небольшой частотой (порядка 5—15 *гц*) создают впечатление «плавания» звука. Это явление называют детонацией первого рода. При частоте колебаний скорости порядка 100 *гц* и более звук становится слитным, но остается заметной его вибрация с примесью хрипа. Такие искажения принято называть детонацией второго рода.

Кинематические схемы магнитофонов

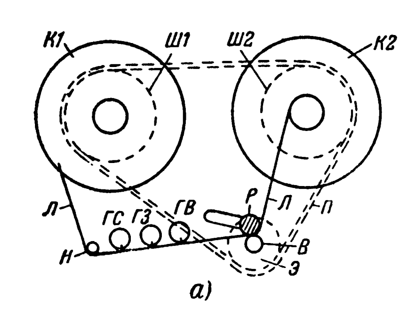
Кинематическая схема рис. 7-38, *а* применяется в магнитофонах с одним двигателем (одномоторный магнитофон), если число оборотов в минуту двигателя не превышает 750. В этом случае ведущий ролик *В* укреплен непосредственно на валу двигателя. Вращение кассет *К1*

и *К2* осуществляется от ведущего двигателя при помощи одного общего пассика, который одновременно охватывает ведущий шкив мотора, шкив левой кассеты и шкив правой кассеты. Вращение кассеты *К2* и натяжение ленты во время записи или воспроизведения осуществляются за счет трения между кассетой и фетровой прокладкой, наклеенной на подтарельник.

При перемотке принимающая ленту кассета жестко связывается с подтарельником.

В более совершенных конструкциях вращение кассет и натяжение ленты при ее движении осуществляются с помощью фрикционных устройств.

При двигателе, имеющем число оборотов в минуту 750, ведущий ролик должен иметь диаметр 5 *мм* (при скорости ленты 190,5 *мм/сек*), и он при работе может быть легко погнут. Поэтому при быстроходных двигателях применяют передачу вращения от двигателя к ведущему ролику, при которой происходит понижение числа оборотов. Схема такого механизма показана на рис. 7-38, *б*. Передача вращения от двигателя *Э* к ведущему ролику *В* осуществляется здесь с помощью пассика *П*, а к кассетам — при помощи пассиков *П* и шкивов *Ш1* и *Ш2*. Для улучшения равномерности движения ленты на ось ведущего ролика надевают маховик *6*.



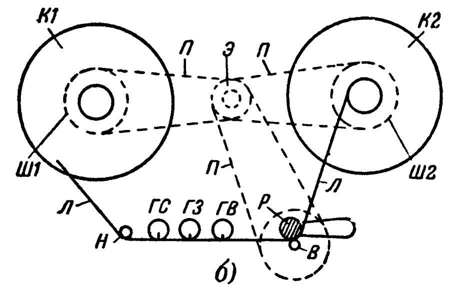


Рис. 7-38. Кинематические схемы одномоторных магнитофонов.

а — с передачей движения от электродвигателя к ведущему ролику и кассетам с помощью одного пассика; *б* — с понижением числа оборотов ведущего ролика при передаче движения от двигателя.

ГВ — головка воспроизведения; *ГЗ* — головка записи; *ГС* — стирающая головка; *В* — ведущий ролик; *К1* — подающая кассета; *К2* — принимающая кассета; *Л* — ферромагнитная лента; *П* — пассик; *Р* — прижимный ролик; *Ш1* — шкив подающей кассеты; *Ш2* — шкив принимающей кассеты; *Э* — электродвигатель.

Наиболее совершенна трехмоторная конструкция магнитофона, но и здесь для вращения ведущего ролика применяют передачу для понижения числа оборотов. Такая система необходима для получения скорости 190,5 *мм/сек* при ведущем двигателе с числом оборотов в минуту 1 200 и более или для получения скорости 95,3 *м/сек* и меньше при двигателе, имеющем 750 *об/мин*. Один из способов конструктивного выполнения подобной системы показан на рис. 7-39.

Регулируемые фрикционные устройства. В одномоторных конструкциях магнитофонов используют регулируемое фрикционное устройство (рис. 7-40). В нем ведомый шкив может проворачиваться относительно оси

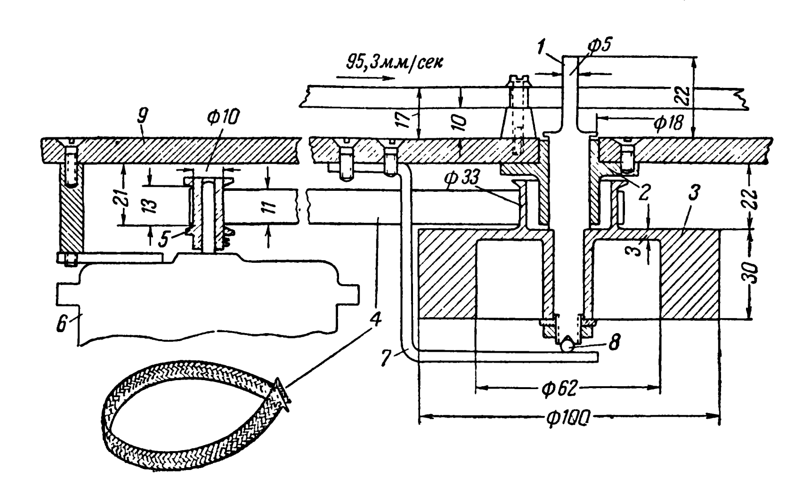


Рис. 7-39. Конструктивное устройство ведущего узла трехмоторного магнитофона.
1 — ведущий вал; *2* — втулка; *3* — маховик; *4* — плоский пассик; *5* — шкив электродвигателя; *6* — ведущий электродвигатель 1 200 *об/мин*; *7* — опорная скоба; *8* — опорный шарик; *9* — панель лентопротяжного механизма.

подтарельника, что предохраняет ленту от чрезмерного натяжения (а в некоторых случаях и растяжения) или обрыва при включении аппарата и во время рабочего хода. Во время же перемотки в этих устройствах предусматривается жесткая связь шкива-пассика с осью подтарельника.

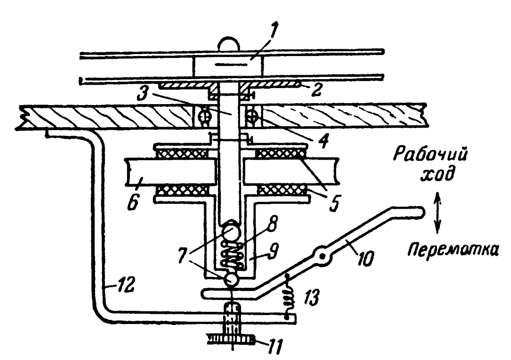


Рис. 7-40. Фрикцион с регулируемым сцеплением.

1 — кассета; *2* — подкассетник; *3* — ось; *4* — подшипник; *5* — фетровое кольцо; *6* — шкив; *7* — шарик; *8* — пружина; *9* — муфта; *10* — рычаг управления муфтой; *11* — регулятор сцепления; *12* — опорная скоба; *13* — пружина.

Электродвигатели магнитофонов (рис. 7-41)

Электродвигатель в магнитофоне необходим для равномерного протягивания ленты и для ее перемотки по окончании записи или воспроизведения.

Чем больше скорость ленты или чем больше размер кассет, тем больше должна быть мощность двигателя. При повышенном трении

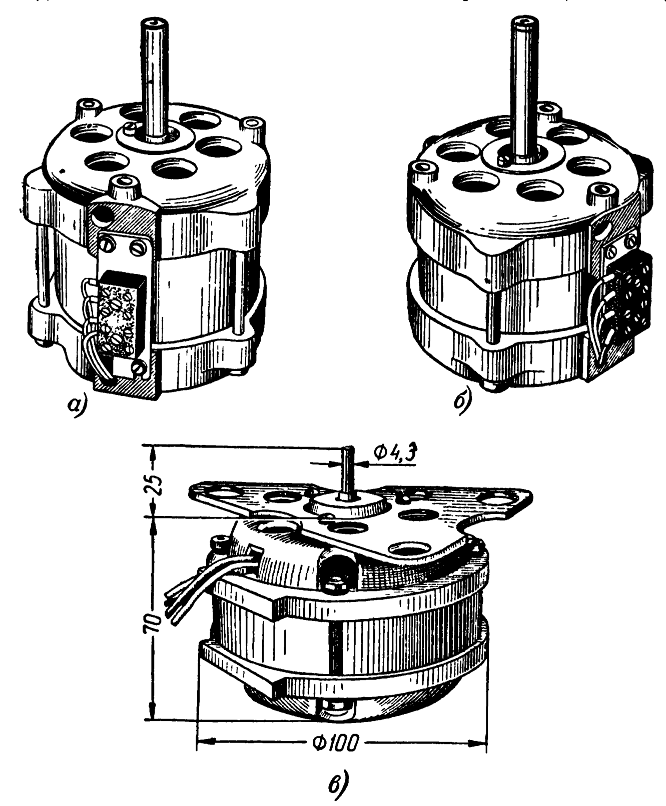


Рис. 7-41. Электродвигатели для магнитофонов.
а — ДВА-У3; *б* — ДПА-У2; *в* — ДАГ-1.

в подшипниках вращающихся деталей лентопротяжного механизма и неудачной кинематической схеме также приходится увеличивать мощность двигателя.

В магнитофонах применяют асинхронные, синхронизированные и коллекторные двигатели. Двигатели первых двух типов могут работать только от электросети переменного тока. Коллекторные делятся на двигатели постоянного тока, переменного тока и универсальные, способные работать как от постоянного, так и переменного тока.

В магнитофонах, питаемых от электросети, применяют асинхронные двигатели (табл. 7-11 и 7-12) и синхронизированные электродвигатели. Коллекторные двигатели вследствие искрения щеток создают большие помехи и поэтому в сетевых магнитофонах их не используют.

В батарейных (переносных) магнитофонах применяют коллекторные двигатели постоянного тока. Для экономии электроэнергии выбирают двигатель по возможности малой мощности, что вынуждает отказаться от ускоренной перемотки ленты.

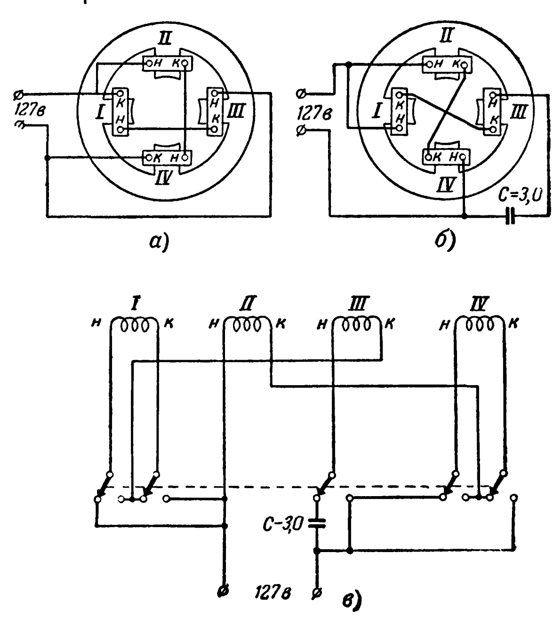


Рис. 7-42. Схемы соединения обмоток электродвигателя ДАГ-1.
а — для получения скорости вращения вала 1 250 *об/мин*; *б* — для получения скорости вращения вала 2 500 *об/мин*; *в* — переход с одной скорости на другую с помощью переключателя (установлен в положение, соответствующее 2 500 *об/мин*).

При использовании в качестве ведущего двигателя в трехмоторном магнитофоне электродвигателя ДАГ-1 переход со скорости движения ленты 95,3 *мм/сек* на скорость 190,5 *мм/сек* и обратно можно осуществить изменением скорости вращения вала электродвигателя. При скорости ленты 95,3 *мм/сек* число оборотов электродвигателя устанавливается 1 250, а при 190,5 *мм/сек* — 2 500. Достигается это путем несложного переключения его обмоток (рис. 7-42).

Электродвигатели для батарейных магнитофонов. В любительских конструкциях можно использовать малогабаритные двигатели постоянного тока с постоянными магнитами серии ДПМ (табл. 7-13), а также микроэлектродвигатели МГ 85-706, изготавливаемые для приведения в движение самоходных игрушек и различных моделей. Наружные размеры электродвигателя последнего типа 36 × 33 *мм*, высота (без

Таблица 7-11

Конденсаторные синхронные и асинхронные электродвигатели, применяемые в магнитофонах в качестве ведущих

Тип двигателя	Напряжение питания, *в*	Потребляемая мощность, *вт*	Скорость вращения вала, *об/мин*	Мощность на валу, *вт*	Емкость конденсатора, *мкф*	Добавочное сопротивление, *ом*	Вес, *кг*	Длина корпуса, *мм*	Диаметр корпуса, *мм*
ДВС-010/5-6	220	84	1 000	8	2,5	500	6,6	210	126
ДВД-1[1]	220	105/95	1 500/750	14/8	3/3	300/300	7,1	244	144
ДВС-У1	220	78	1 500	15	2,5	500	4,2	132	110
ДВС-У1м[2]	220/110	75	1 500	12	2,5/10	500/125	4,2	132	110
ДВА-У3	220	90	1 430	30	2,5	500	4,2	132	115
ДВА-У4	220	37	610	6	1,25	500	4,2	132	115
ДАГ-1[3]	120—127	14	1 200	2	—	—	1,4	100	70
ДАГ-1[4]	120/60	23	2 500	5	3	—	—	—	—
ДМ-2[1]	220	50/59	940/460	5	5	—	3	110	115
2АСМ-50	110	25	1 300	0,67	4	—	0,72	58	75
2АСМ-200	110	50	1 200	2,4	4	—	1,25	90	70

[1] В числителе для двигателей ДВД-1 и ДМ-2 показаны величины, относящиеся к большей скорости, а в знаменателе — к меньшей.

[2] В числителе для двигателя ДВС-У1м показаны величины, относящиеся к напряжению питания 220 *в*, а в знаменателе — к 110 *в*.

[3] При включении по обычной (заводской) схеме.

[4] При включении по схеме конденсаторного двигателя.

Таблица 7-12

Конденсаторные асинхронные электродвигатели, применяемые в магнитофонах для перемотки ленты

Тип двигателя	Напряжение питания, *в*	Потребляемая мощность, *вт*	Скорость вращения вала, под нагрузкой, *об/мин*	Мощность на валу, *вт*	Емкость конденсатора, *мкф*	Добавочное сопротивление, *ом*	Вес, *кг*	Длина корпуса, *мм*	Диаметр корпуса, *мм*
ДПА-010/5-4	220	100	890	13	2,75	250	5,8	210	126
ДПА-У1	220	100	890	13	2,75	250	4,2	132	110
ДПА-У2	220	67	760	8	1,5	250	3	132	110
ДАГ-1[1]	60	14	1 500	2	3	—	1,4	100	70
ДАГ-1[2]	60	14	1 200	2	3	—	1,4	100	70

[1] По схеме конденсаторного двигателя со срезанным торцом на роторе.

[2] По схеме конденсаторного двигателя со сплошным ротором из мягкой стали (Ст. 3).

вала) 35 *мм*; выступающий над подшипниковым щитом вал имеет длину 12 *мм*. На холостом ходу при напряжении питания 4,5 *в* такой электродвигатель потребляет ток 0,2 *а* и развивает около 2 900 *об/мин*. Под нагрузкой в магнитофоне число оборотов снижается примерно до 2 000, а потребляемый ток возрастает до 0,4—0,45 *а*. Число оборотов двигателя и потребляемый им ток сильно зависят от величины механической нагрузки. Поэтому конструкция карманного магнитофона должна быть рассчитана с учетом наибольшего облегчения работы двигателя.

Таблица 7-13

Двигатели ДПМ

Тип двигателя	Скорость вращения вала, *об/мин*	Напряжение питания 12 *в*		Напряжение питания 6 *в*		Основные размеры		
		М *, *г·см*	Потребляемый ток, *а*	*М* *, *г·см*	Потребляемый ток, *а*	Диаметр, *мм*	Длина (без вала), *мм*	Вес не более, *г*
ДПМ-20	9 000 7 500 6 000 4 500	10 13 15 16	0,35 0,33 0,31 0,25	10 13 15 16	0,7 0,67 0,62 0,5	20	38	65
ДПМ-25	9 000 7 500 6 000 4 500 2 500	25 30 35 40 50	0,58 0,55 0,52 0,45 0,35	25 30 35 40 50	1,3 1,15 1,05 0,85 0,65	25	45,5	120
ДПМ-30	9 000 7 500 6 000 4 500 2 500	55 70 75 85 110	1,0 0,9 0,8 0,65 0,5	55 70 75 85 110	2,0 1,8 1,6 1,4 1,0	30	57	220
ДПМ-35	9 000 7 500 6 000 4 500 2 500	105 125 145 155 180	1,35 1,3 1,25 1,0 0,7	105 125 145 155 180	2,7 2,65 2,5 2,0 1,5	35	64,5	340

* Момент на валу.

РАЗДЕЛ ВОСЬМОЙ

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ РАДИОАППАРАТУРЫ

8-1. СПОСОБЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Радиоприемники, усилители, измерительные приборы и другие виды радиоаппаратуры с электронными лампами и транзисторами требуют для своей работы источников электропитания — источников электрической энергии.

В местностях, где имеются электросети, питание стационарной радиоаппаратуры с электронными лампами и мощными транзисторами осуществляется обычно от этих сетей. Такой вид электропитания — наиболее дешевый и удобный.

При отсутствии возможности воспользоваться энергией электросети питание радиолюбительской аппаратуры с электронными лампами производят от гальванических батарей или от термоэлектрогенераторов. Стационарную и переносную аппаратуру с маломощными транзисторами, а также переносную аппаратуру с электронными лампами питают от малогабаритных гальванических батарей. Вместо последних в качестве источников электропитания как стационарной, так и переносной радиоаппаратуры иногда используют аккумуляторные батареи. Питание автомобильных радиоприемников производят от стартерных аккумуляторных батарей автомашин.

В последние годы радиоаппаратуру начинают питать от солнечных батарей — полупроводниковых приборов, преобразующих энергию света в электрическую энергию.

Питание от электросетей

Цепи накала электронных ламп сетевых радиоприемников и усилителей питают переменным током от электросети через понижающий трансформатор. Нити накала ламп при этом, как правило, соединяют параллельно (если их номинальные напряжения накала одинаковы). Иногда накал ламп питают непосредственно от электросети без применения трансформатора. В этом случае нити накала ламп соединяют последовательно и включают последовательно с ними бареттер (см. § 10-10), поглощающий излишнее напряжение и стабилизирующий ток в цепи накала. При этом необходимо, чтобы у всех ламп был одинаковый номинальный ток накала. Последний способ питания накала применяется очень редко, поскольку он очень неэкономичен — значительная часть энергии, потребляемой от электросети, теряется бесполезно на бареттере.

Анодные цепи и цепи экранирующих сеток ламповых сетевых радиоприемников и усилителей, а также все цепи транзисторных сетевых приемников и усилителей питают от электросетей через выпрямители.

Напряжения смещения на управляющие сетки электронных ламп обычно получают от упомянутых выше выпрямителей методом так называемого автоматического смещения. Только на управляющие сетки ламп оконечных двухтактных каскадов, работающих в режиме класса Б или АБ, смещение иногда подают от отдельных выпрямителей.

Питание от батарей и термоэлектрогенераторов

Все цепи радиоприемников и другой радиоаппаратуры с транзисторами чаще всего питают непосредственно от гальванических батарей с напряжением от нескольких вольт до нескольких десятков вольт в зависимости от выходной мощности этой аппаратуры. Питание транзисторных автомобильных приемников осуществляют от стартерных аккумуляторных батарей.

Цепи накала ламповых приемников также питают непосредственно от батарей (батарей накала) или же от термоэлектрогенераторов. Номинальное начальное напряжение этих источников электропитания обычно выбирают таким, что оно несколько превышает номинальное напряжение накала применяемых в аппаратуре ламп. Нити накала ламп, как правило, соединяют параллельно. Только в тех случаях, когда от батареи накала берут ток для работы вибропреобразователя или преобразователя напряжения постоянного тока на транзисторах (см. § 8-7 и 8-8), номинальное напряжение этой батареи приходится выбирать выше номинального напряжения накала электронных ламп.

Цепи анодов и экранирующих сеток ламп батарейных приемников, усилителей и другой аппаратуры можно питать одним из следующих способов:

1) от анодной батареи (чаще всего напряжением 45—100 *в*);
2) от высоковольтной секции термоэлектрогенератора;
3) от низковольтной батареи (батареи накала) с применением вибропреобразователя или преобразователя постоянного напряжения на транзисторах, повышающего напряжение до требуемой величины;
4) от термоэлектрогенератора, если он не имеет высоковольтной секции, через преобразователь напряжения одного из упомянутых типов.

8-2. ВЫПРЯМИТЕЛИ

Преобразование энергии переменного тока электросети в энергию постоянного тока, пригодного для питания цепей анодов и сеток электронных ламп приемников, усилителей или передатчиков, а также аналогичной радиоаппаратуры с транзисторами, осуществляют в два этапа: сначала переменное напряжение преобразуют в пульсирующее, т. е. в напряжение постоянного направления, но периодически изменяющееся по величине (см. § 1-2), а затем уменьшают его пульсации до столь малой величины, что они не вызывают заметного фона в громкоговорителе (телефонных трубках).

Процесс преобразования переменного напряжения в пульсирующее носит название в ы п р я м л е н и я, а процесс уменьшения пульсаций называют с г л а ж и в а н и е м п у л ь с а ц и й.

Устройства, с помощью которых осуществляется выпрямление переменного напряжения (тока), называются в ы п р я м и т е л я м и. Основными частями последних являются э л е к т р и ч е с к и е в е н т и л и — полупроводниковые или электровакуумные приборы, обладающие односторонней проводимостью (германиевые диоды, кремниевые диоды, селеновые столбы, кенотроны — см. § 10-3 и 11-2).

Устройства, которые осуществляют сглаживание пульсаций, называют с г л а ж и в а ю щ и м и ф и л ь т р а м и. Они состоят из конденсаторов большой емкости и дросселей с сердечниками из пластин

электротехнической стали. Вместо дросселей иногда используют сопротивления.

Часто выпрямителем называют весь комплекс, в который входят как собственно выпрямитель, так и сглаживающий фильтр.

Выпрямитель, где в качестве вентилей используются германиевые или кремниевые диоды, называют полупроводниковым выпрямителем. Выпрямитель, где в качестве вентиля используется селеновый столбик (столбики), также называют полупроводниковым выпрямителем или селеновым выпрямителем.

Если для работы выпрямителя нужно иметь переменное напряжение большей или меньшей величины, чем напряжение в электросети, в состав выпрямителя обычно входит силовой трансформатор, имеющий несколько вторичных обмоток. С одной из них напряжение подается на вентили, а с других — на питание накала электронных ламп. Вместо трансформатора в выпрямителе иногда применяют автотрансформатор.

Ни одна из точек схемы выпрямителя, в котором нет силового трансформатора, не должна соединяться с землей. Недопустимо также заземлять цепи устройства, питаемого от такого выпрямителя. Несоблюдение этого условия может привести к повреждению выпрямителя или питаемого от него устройства и к перегоранию предохранителей электросети.

Выпрямители входят также как составные части в преобразователи постоянного напряжения на полупроводниковых приборах и вибропреобразователей (см. § 8-7 и 8-8).

Характеристики выпрямителей

Подводимое к вентилям (входное) напряжение $U_{\sim}$ — напряжение, которое поступает на вентили для выпрямления; в выпрямителях без трансформаторов или автотрансформаторов оно равно напряжению электросети.

Выпрямленное напряжение (выходное) U — постоянная составляющая напряжения на зажимах выпрямителя, к которым подключается нагрузка — потребитель энергии, даваемой выпрямителем; при увеличении сопротивления нагрузки выпрямленное напряжение увеличивается. Выпрямленное напряжение, которое дает выпрямитель при отключенной от него нагрузке, называется напряжением холостого хода выпрямителя.

Выпрямленный ток I_0 — постоянная составляющая тока через нагрузку выпрямителя. Наибольший выпрямленный ток, который можно получить от выпрямителя, определяется типом примененных в нем вентилей и схемой выпрямителя. Режим холостого хода выпрямителя характеризуется отсутствием тока через нагрузку.

Коэффициент пульсации p — число, показывающее, какую часть величины постоянной составляющей выпрямленного напряжения (тока) составляет амплитуда его переменной составляющей (см. § 1-2); зависит от схемы выпрямителя и сглаживающего фильтра, а также электрических данных примененных в них деталей. Коэффициент пульсации напряжения на входе фильтра больше, чем на его выходе.

Кроме того, существенное значение имеет так называемая габаритная (расчетная) мощность силового трансформатора или автотрансформатора. Она больше фактически потребляемой выпрямителем от электросети мощности и мощности постоянного тока, отдаваемой выпрямителем нагрузке.

Схемы полупроводниковых выпрямителей

Основные практически применяемые схемы выпрямителей с германиевыми или кремниевыми диодами в качестве вентилей приведены на рис. 8-1. Выпрямители с селеновыми столбами выполняются по таким же схемам, только из них исключаются сопротивления, шунтирующие вентили. Силовой трансформатор необходим только в схеме рис. 8-1, *б*. Остальные приводимые схемы могут работать и без силовых трансформаторов (поэтому они и показаны на схемах пунктиром).

Полупроводниковые выпрямители имеют более высокий к. п. д., чем кенотронные, а срок службы германиевых диодов, кремниевых диодов и селеновых столбов во много раз больше, чем кенотронов. Коэффициент полезного действия выпрямителей с селеновыми столбами несколько ниже, чем к. п. д. выпрямителей с германиевыми или кремниевыми диодами, но при этом селеновые выпрямители более надежны в работе, они не боятся кратковременных коротких замыканий со стороны выхода.

Однополупериодный выпрямитель (рис. 8-1, *а*). Во время полупериодов одного знака подводимого переменного напряжения через вентили проходят импульсы тока, заряжающие конденсатор *C*. Во время полупериодов обратного знака ток через вентили (обратный ток) настолько мал, что он практически не разряжает конденсатора. Ток разряда конденсатора идет через дроссель сглаживающего фильтра *L* и нагрузку, подключенную к точкам, обозначенным на схеме знаками + и —. Каждый последующий импульс тока через вентили восполняет запас энергии конденсатора *C*.

Двухполупериодный выпрямитель (рис. 8-1, *б*). Переменное напряжение на каждую группу вентилей поступает с половины вторичной обмотки *II* силового трансформатора *Тр*. Конденсатор *C* подзаряжается дважды за время каждого периода переменного напряжения: один раз импульсом тока через группу вентилей B_1 во время полупериода переменного напряжения, когда верхний конец обмотки *II* имеет положительный потенциал по отношению к ее средней точке, и второй раз — импульсом тока через группу вентилей B_2 во время полупериода обратного знака, т. е. когда нижний конец обмотки *II* имеет положительный потенциал по отношению к ее средней точке.

Двухполупериодный выпрямитель по мостовой схеме (схема Греца, рис. 8-1, *в*). Во время полупериодов подводимого напряжения одного знака конденсатор *C* заряжается импульсами тока, проходящими через группы вентилей B_3 и B_2; через группы вентилей B_1 и B_4 в это время ток практически не проходит. Во время полупериодов обратного знака конденсатор заряжается импульсами тока, проходящими через группы вентилей B_4 и B_1; в это время нет тока через группы вентилей B_2 и B_3.

Если применить в таком выпрямителе силовой трансформатор с отводом от средней точки его вторичной обмотки *II* и добавить в схему конденсатор *C'* (как показано на схеме штрих-пунктиром), от выпрямителя можно получить одновременно два напряжения; напряжение на конденсаторе *C'* будет примерно в 2 раза меньше, чем на конденсаторе *C*.

Выпрямители с удвоением напряжения. Выполняя выпрямитель по схеме рис. 8-1, *г* или *д*, можно от него получить примерно вдвое большее напряжение, чем от выпрямителей по ранее рассмотренным схемам при том же подводимом переменном напряжении.

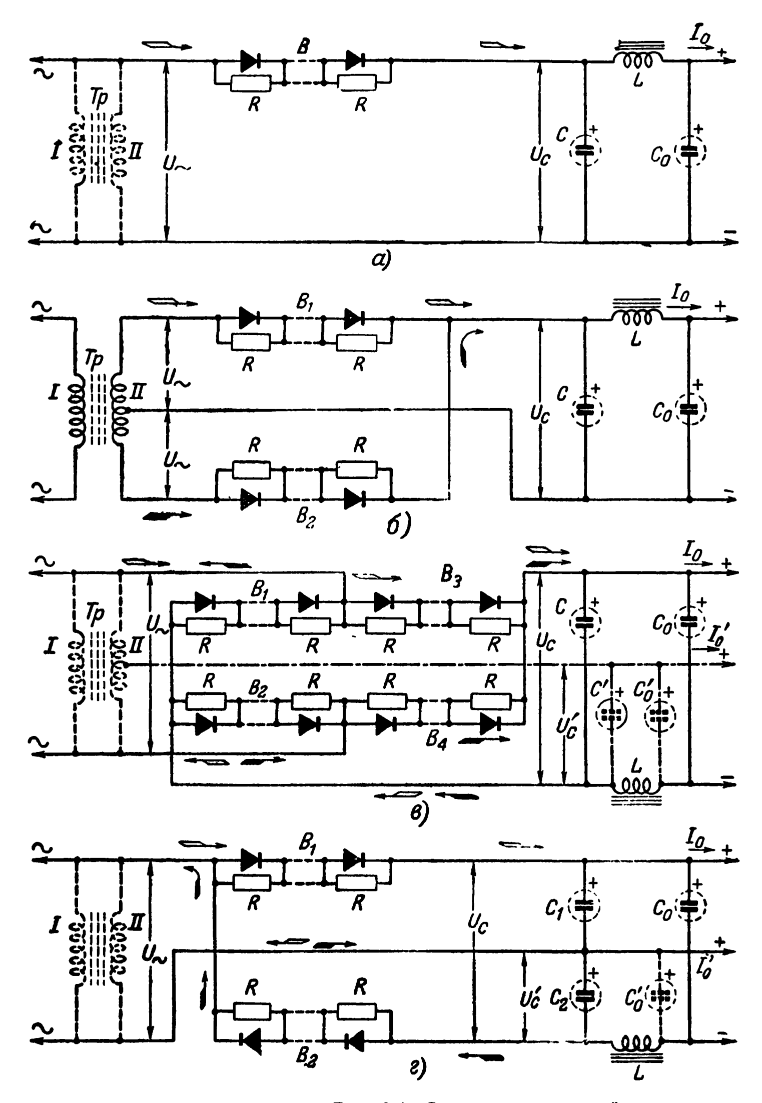
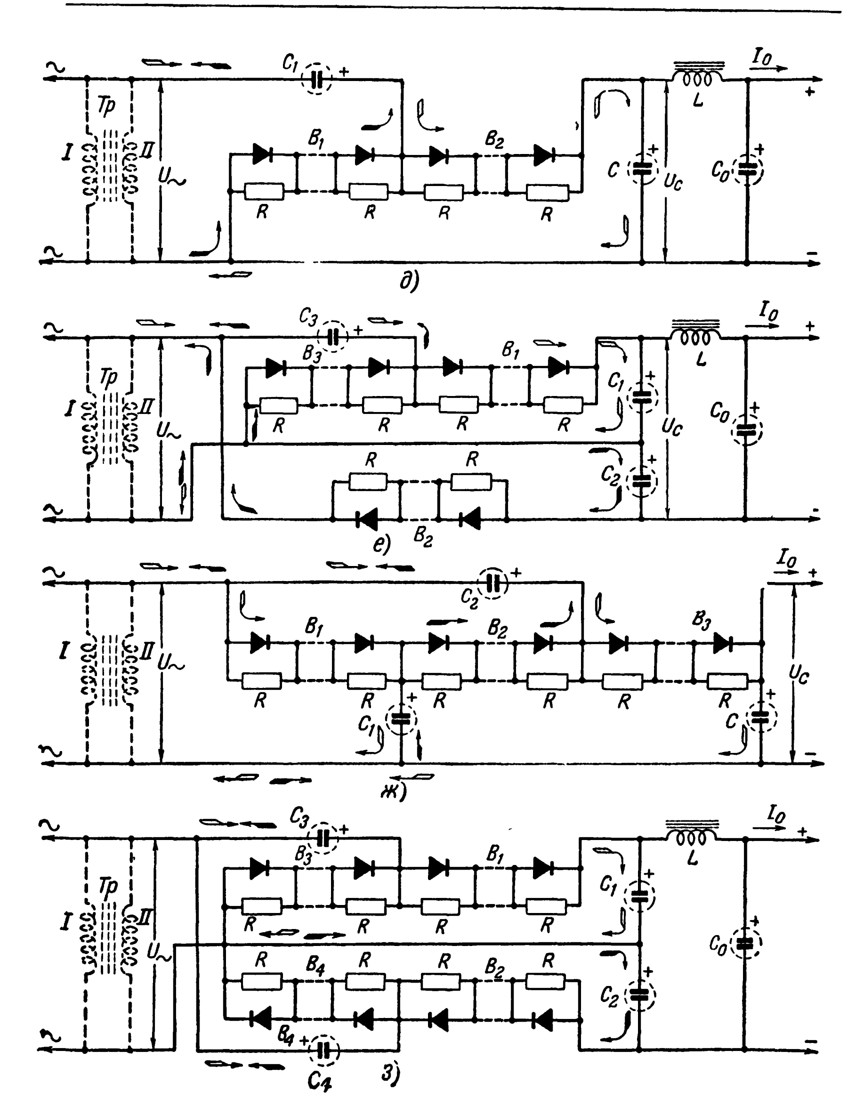


Рис. 8-1. Схемы выпрямителей с полупровод
а — однополупериодная; б — двухполупериодная с выводом средней точки во
г — с удвоением напряжения мостовая; д — с удвоением напряжения последователь-
последовательная; з — с
Стрелками со светлым оперением показано направление токов через вентили во время
рением — во время полупериодов другого знака, а стрелками без



никовыми диодами и селеновыми столбами.

вторичной обмотке силового трансформатора; *в* — двухполупериодная мостовая; ная; *е* — с утроением напряжения комбинированная; *ж* — с утроением напряжения учетверением напряжения.

полупериодов подводимого напряжения одного знака, стрелками с черным опе- оперения — направление выпрямленного тока через нагрузку.

В схеме рис. 8-1, *г* (схема Латура) во время полупериодов подводимого напряжения одного знака импульсы тока проходят через группу вентилей B_1, заряжая конденсатор C_1, а во время полупериодов обратного знака — через группу вентилей B_2, заряжая конденсатор C_2. Так как эти конденсаторы по отношению к нагрузке выпрямителя соединены между собой последовательно, на ней и получается удвоенное напряжение. Сделав отвод от точки соединения конденсаторов C_1 и C_2, с последнего можно одновременно снять напряжение, равное половине общего выходного напряжения.

В схеме рис. 8-1, *д* во время полупериодов подводимого напряжения одного знака импульсы тока проходят через группу вентилей B_1, заряжая конденсатор C_1. Во время полупериодов обратного знака на группу вентилей B_2 поступает напряжение, равное сумме подводимого напряжения и напряжения на конденсаторе C_1. Возникающие при этом импульсы тока через вентиль B_2 заряжают конденсатор C до напряжения примерно вдвое большей величины по сравнению с напряжением на конденсаторе C_1.

Выпрямители с утроением напряжения. Верхняя часть схемы рис. 8-1, *е* (с вентилями B_1, B_3 и конденсаторами C_1 и C_3) по существу представляет собой выпрямитель с удвоением напряжения по рассмотренной выше схеме рис. 8-1, *д*, а нижняя часть схемы — обычный однополупериодный выпрямитель, в котором через группу вентилей B_2 происходит заряд конденсатора C_2. Так как отрицательный полюс конденсатора C_1 соединен с положительным полюсом конденсатора C_2, между положительным полюсом конденсатора C_1 и отрицательным полюсом C_2 получается втрое большее напряжение, чем в случае обычного однополупериодного или двухполупериодного выпрямителя.

В схеме рис. 8-1, *ж* во время полупериодов одного знака проходит ток через группы вентилей B_1 и B_3, а во время полупериодов другого знака — через группу вентилей B_2. Конденсатор C_1 заряжается до напряжения такой же величины, как в однополупериодной схеме, конденсатор C_2 — до напряжения вдвое большей величины и конденсатор C, разряд которого идет через нагрузку выпрямителя, — до напряжения втрое большей величины.

Сглаживающий фильтр этого выпрямителя (на схеме не показан) должен быть таким же, как у выпрямителей по другим схемам.

Выпрямитель с учетверением напряжения (рис. 8-1, *з*). Этот выпрямитель состоит из двух частей, каждая из которых выполнена по схеме с последовательным удвоением напряжения (рис. 8-1, *д*), причем полярность включения вентилей B_1 и B_3 обратная по сравнению с полярностью включения вентилей B_2 и B_4. На каждом конденсаторе C_1 и C_2 получается удвоенное напряжение, а так как они по отношению к нагрузке выпрямителя включены последовательно, на нее поступает выпрямленное напряжение примерно в 4 раза большей величины, чем в схемах рис. 8-1, *а—в*.

Выбор вентилей и других деталей для полупроводниковых выпрямителей

1. Задаваясь величиной выпрямленного тока, который нужно получить от выпрямителя, выбираем для него полупроводниковые вентили, учитывая, что разные их типы в схемах рис. 8-1 могут обеспечить выпрямленные токи, не превышающие следующих величин:

Типы диодов и селеновых столбов	Наибольший ток I_0 для схем рис. 8-1, *а*, *г—з*	Наибольший ток I_0 для схем рис. 8-1, *б* и *в*
Германиевые диоды при температуре окружающей среды до 25° С		
ДГ-Ц21—ДГ-Ц24	150	300
Германиевые диоды при температуре окружающей среды до 50° С		
Д1Б, Д1Г, Д1Д, Д2Б, Д2Г—Д2Е, Д2И, Д9Ж, ДГ-Ц1, ДГ-Ц2, ДГ-Ц4—ДГ-Ц7, ДГ-Ц12—ДГ-Ц14	8	15
Д11—Д14, Д12, Д14А	10	20
Д1В, Д2В, Д9А, ДГ-Ц8	12	24
ДГ-Ц21—ДГ-Ц24, Д7А—Д7В	100	200
ДГ-Ц25—ДГ-Ц27	50	100
Д7Г — Д7Ж	150	300
Кремниевые точечные диоды при температуре окружающей среды до 70° С		
Д101 — Д103	25	50
Д101А — Д103А	40	75
Кремниевые плоскостные диоды при температуре окружающей среды до 120° С		
Д202 — Д205	200	400
Д206 — Д211	50	100
Селеновые столбики из таблет при температуре окружающей среды до 50° С		
АВС-1	1	2
АВС-6	5	10
Селеновые столбики из шайб открытой конструкции при температуре окружающей среды до 50° С		
АВС-15, АВС-18	32	60
АВС-22, АВС-25	60	120
АВС-30, АВС-35	120	240
АВС-40, АВС-45	240	480

2. По табл. 8-1 выбираем необходимое количество последовательно соединяемых полупроводниковых вентилей в каждой группе (для любой из схем рис 8-1), а также величины сопротивлений R, шунтирующих германиевые или кремниевые диоды. В скобках указаны требуемые количества диодов ДГ-Ц21 — ДГ-Ц27 и Д7А — Д7Ж и величины шунтирующих сопротивлений для случая работы этих диодов при температуре 25—50° С (например, в приемнике, лампы и трансформаторы которого отдают значительное количество тепла). Для температуры ниже + 25° С во всех случаях нужно брать данные без скобок.

Если задано выпрямленное напряжение U_C, предварительно нужно вычислить подводимое переменное напряжение $U_{\sim}$ по соответствующей формуле табл. 8-2.

Необходимое число последовательно соединенных диодов или селеновых

Подводимое переменное напряжение $U_{\sim}$, *в*	Число диодов или селеновых элементов в каждой группе схем рис. 8-1, *а, б, г—з*							
	ДГ-Ц21, Д7А	ДГ-Ц22, Д7Б, Д202, Д206	ДГ-Ц23, Д7В	ДГ-Ц24, Д7Г, Д203, Д207	ДГ-Ц25, Д7Д, Д204, Д208	ДГ-Ц26, Д7Е	ДГ-Ц27, Д7Ж, Д205, Д209	АВС-15—АВС-45
7	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1
10	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2
15	1 (2)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2
20	2 (2)	1 (2)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	3
30	3 (3)	1 (2)	1 (2)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	4
50	4 (4)	2 (3)	1 (2)	1 (2)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	6
70	—	3 (4)	2 (3)	2 (2)	1 (2)	1 (1)	1 (1)	9
100	—	—	3 (4)	2 (3)	1 (2)	1 (2)	1 (2)	12
127	—	—	—	3 (4)	2 (3)	2 (2)	1 (2)	16
150	—	—	—	3 (4)	2 (3)	2 (3)	2 (2)	18
170	—	—	—	—	2 (3)	2 (3)	2 (3)	21
200	—	—	—	—	3 (4)	3 (3)	2 (3)	24
220	—	—	—	—	3 (4)	3 (4)	2 (3)	27
250	—	—	—	—	—	3 (4)	3 (4)	30
300	—	—	—	—	—	3 (4)	3 (4)	36
Сопротивления *R*, *ком* для ДГ-Ц21 — ДГ-Ц27	15—18 (4,7—5,6)	33—39 (8,2—10)	47—56 (12—15)	56—68 (15—18)	120—180 (22—27)	180—220 (27—33)	220—270 (33—39)	—
для Д7А—Д7Ж	22—27 (5,6—6,8)	39—56 (12—15)	68—100 (18—22)	100—150 (22—27)	150—180 (33—39)	180—220 (33—39)	220—270 (39—47)	—
для Д202—Д205	—	56—68	—	100—120	150—180	—	220—240	—
для Д206—Д209	—	150—180	—	270—360	470—510	—	620—750	—

Все сопротивления *R* должны иметь одинаковые номинальные величины, что обеспечит достаточно равномерное распределение между диодами общего напряжения, возникающего на каждой их группе во время полупериодов, когда заряда конденсаторов через данные группы не происходит (обратное напряжение). Если этих сопротивлений в схеме не будет, напряжение на диодах, имеющих большее обратное сопротивление по сравнению с другими, может превысить предельно допустимое для них обратное напряжение и они будут пробиты.

Если в каждой группе используется по одному германиевому или кремниевому диоду или выпрямитель выполнен на селеновом столбе (столбах), сопротивления *R* не нужны.

Точечные диоды последовательно соединять не рекомендуется. Подаваемые на них переменные напряжения (эффективные значения) в выпрямителях по различным схемам не должны превышать следующих величин:

Таблица 8-1

элементов в группе при различных подводимых напряжениях

Число диодов или селеновых элементов в каждой группе схемы рис. 8-1, *в*							
ДГ-Ц21, Д7А	ДГ-Ц22, Д7Б, Д202, Д206	ДГ-Ц23, Д7В	ДГ-Ц24, Д7Г, Д203, Д207	ДГ-Ц25, Д7Д, Д204, Д208	ДГ-Ц26, Д7Е	ДГ-Ц27, Д7Ж, Д205, Д209	АВС-15—АВС-45
1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1
1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1
1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1
1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2
1 (2)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	3
2 (3)	1 (2)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	3
3 (4)	1 (2)	1 (2)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	5
—	2 (3)	1 (2)	1 (2)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	6
—	3 (4)	2 (3)	1 (2)	1 (2)	1 (1)	1 (1)	8
—	3 (4)	2 (3)	2 (2)	1 (2)	1 (2)	1 (1)	9
—	—	2 (3)	2 (3)	1 (2)	1 (2)	1 (2)	11
—	—	3 (4)	2 (3)	2 (2)	1 (2)	1 (2)	12
—	—	3 (4)	2 (3)	2 (2)	1 (2)	1 (2)	15
—	—	—	3 (4)	2 (3)	2 (2)	1 (2)	15
—	—	—	3 (4)	2 (3)	2 (3)	2 (3)	18
15—18	33—39	47—56	56—68	120—180	180—220	220—270	—
(4,7—5,6)	(8,2—10)	(12—15)	(15—18)	(22—27)	(27—33)	(33—39)	
22—27	39—56	68—100	100—150	150—180	180—200	220—270	—
(5,6—6,8)	(12—15)	(18—22)	(22—27)	(33—39)	(33—39)	(39—47)	
—	56—68	—	100—120	150—180	—	220—240	—
—	150—180	—	270—360	470—510	—	620—750	—

Типы диодов	Наибольшее напряжение $U_{\sim}$ для схем рис. 8-1, *а, б, г—з*	Наибольшее напряжение $U_{\sim}$ для схемы рис. 8-1, *в*
Д1Б, Д1В, Д2Б, Д9В — Д9Д, Д11, ДГ-Ц8, ДГ-Ц12, ДГ-Ц13, Д103, Д103А	10	20
Д1Г, Д9Е, Д12, Д12А, ДГ-Ц1, ДГ-Ц2, ДГ-Ц14	15	30
Д1Д, Д2Г, Д2Д, ДГ-Ц4, ДГ-Ц5, Д102, Д102А	25	50
Д1Е, Д1Ж, Д2И, Д9Ж, Д14, Д14А, ДГ-Ц6, Д101, Д101А	30	65
Д2Е	40	18
Д2Ж	55	110

Параметры схем выпрямителей на полупроводни

	Схема по		
	а	*б*	*в*
Напряжения и токи			
Постоянная составляющая напряжения U_C нагруженного выпрямителя [1]	$(1{,}1 \div 1{,}25)\,U_{\sim}$	$(1{,}1 \div 1{,}25)\,U_{\sim}$	$(1{,}1 \div 1{,}25)\,U_{\sim}$
То же бестрансформаторного выпрямителя при напряжении электросети 127 *в* [1]	140—160 *в*	140—160 *в*	140—160 *в*
То же при напряжении электросети 220 *в* [1]	240—280 *в*	240—280 *в*	240—280 *в*
Постоянная составляющая напряжения U_C ненагруженного выпрямителя	1,41 $U_{\sim}$	1,41 $U_{\sim}$	1,41 $U_{\sim}$
То же бестрансформаторного выпрямителя при напряжении электросети 127 *в*	180 *в*	180 *в*	180 *в*
То же при напряжении электросети 220 *в* . .	310 *в*	310 *в*	310 *в*
Основная частота пульсации выпрямленного напряжения [2]	50 *гц*	100 *гц*	100 *гц*
Коэффициент пульсации p_C выпрямленного напряжения на конденсаторе C (или C_1, C_2), % . .	$600\,\frac{I_0}{U_C C}$	$300\,\frac{I_0}{U_C C}$	$300\,\frac{I_0}{U_C C}$
Силовой трансформатор			
Эффективное напряжение вторичной обмотки $U_{\sim}$ [3]	$(0{,}8 \div 0{,}9)\,U_C$	$(0{,}8 \div 0{,}9)\,U_C$	$(0{,}8 \div 0{,}9)\,U_C$

Таблица 8-2

ковых диодах и селеновых столбах

рис. 8-1

г	*д*	*е*	*ж*	*з*
$(2{,}2 \div 2{,}5)\,U_{\sim}$	$(2{,}2 \div 2{,}5)\,U_{\sim}$	$(3{,}3 \div 3{,}75)\,U_{\sim}$	$(3{,}3 \div 3{,}75)\,U_{\sim}$	$(4{,}4 \div 5)\,U_{\sim}$
280—320 *в*	280—320 *в*	420—480 *в*	420—480 *в*	560—640 *в*
480—560 *в*	480—560 *в*	720—840 *в*	720—840 *в*	960—1 100 *в*
$2{,}82\ U_{\sim}$	$2{,}82\ U_{\sim}$	$4{,}23\ U_{\sim}$	$4{,}23\ U_{\sim}$	$5{,}64\ U_{\sim}$
360 *в*	360 *в*	540 *в*	540 *в*	720 *в*
620 *в*	620 *в*	930 *в*	930 *в*	1 250 *в*
100 *гц*	50 *гц*	100 *гц*	50 *гц*	100 *гц*
$1\,200\,\frac{I_0}{U_C C_1}$	—	—	—	—
$(0{,}4 \div 0{,}45)\,U_C$	$(0{,}4 \div 0{,}45)\,U_C$	$(0{,}27 \div 0{,}3)\,U_C$	$(0{,}27 \div 0{,}3)\,U_C$	$(0{,}2 \div 0{,}22)\,U_C$

	Схема по		
	а	*б*	*в*
Эффективный ток вторичной обмотки $I_{\sim}$[4] . . .	$2{,}5I_0$	$1{,}25I_0$	$1{,}8I_0$
Габаритная мощность P_T, *ва*	$\frac{2{,}2U_C I_0}{1\,000}$	$\frac{2U_C I_0}{1\,000}$	$\frac{1{,}6U_C I_0}{1\,000}$
Конденсатор *C*			
Емкость электролитического не менее, *мкф*[5]	$120\frac{I_0}{U_C}$	$60\frac{I_0}{U_C}$	$60\frac{I_0}{U_C}$
Емкость бумажного или металлобумажного не менее, *мкф*[6]	$30\frac{I_0}{U_C}$	$15\frac{I_0}{U_C}$	$15\frac{I_0}{U_C}$
Рабочее напряжение не менее, *в*	$1{,}2U_C$	$1{,}2U_C$	$1{,}2U_C$
Конденсаторы C_1 и C'			
Емкость электролитического не менее, *мкф*[5]	—	—	$60\frac{I'_0}{U'_C}$
Емкость бумажного или металлобумажного не менее, *мкф*	—	—	$15\frac{I'}{U'_C}$
Рабочее напряжение не менее, *в*	—	—	$0{,}6U_C$
Конденсатор C_2			
Емкость электролитического не менее, *мкф*[5]	—	—	—
Емкость бумажного или металлобумажного не менее, *мкф*[6]	—	—	—
Рабочее напряжение не менее, *в*	—	—	—

Продолжение табл. 8-2

рис. 8-1

г	д	е	ж	з
$3{,}6I_0$	$3{,}6I_0$	$6{,}2I_0$	$6{,}2I_0$	$7{,}2I_0$
$\frac{1{,}6U_C I_0}{1\,000}$	$\frac{1{,}6U_C I_0}{1\,000}$	$\frac{1{,}8U_C I_0}{1\,000}$	$\frac{1{,}8U_C I_0}{1\,000}$	$\frac{1{,}6U_C I_0}{1\,000}$
—	$250\frac{I_0}{U_C}$	—	$400\frac{I_0}{U_C}$	—
—	$65\frac{I_0}{U_C}$	—	$100\frac{I_0}{U_C}$	—
—	$1{,}2U_C$	—	$1{,}2U_C$	—
$250\frac{I_0}{U_C}$	$250\frac{I_0}{U_C}$	$250\frac{I_0}{U_C}$	$400\frac{I_0}{U_C}$	$500\frac{I_0}{U_C}$
$65\frac{I_0}{U_C}$	$65\frac{I_0}{U_C}$	$65\frac{I_0}{U_C}$	$100\frac{I_0}{U_C}$	$130\frac{I_0}{U_C}$
$0{,}6U_C$	$0{,}6U_C$	$0{,}8U_C$	$0{,}4U_C$	$0{,}6U_C$
$250\frac{I_0}{U_C}$	—	$250\frac{I_0}{U_C}$	$400\frac{I_0}{U_C}$	$500\frac{I_0}{U_C}$
$65\frac{I_0}{U_C}$	—	$65\frac{I_0}{U_C}$	$100\frac{I_0}{U_C}$	$130\frac{I_0}{U_C}$
$0{,}6U_C$	—	$0{,}4U_C$	$0{,}8U_C$	$0{,}6U_C$

	Схема по		
	а	*б*	*в*
Конденсаторы C_3 и C_4			
Емкость электролитического не менее, *мкф*	—	—	—
Емкость бумажного или металлобумажного не менее, *мкф*	—	—	—
Рабочее напряжение не менее, *в*	—	—	—

[1] Ориентировочные значения; выпрямленное напряжение зависит от электриче
[2] При частоте тока питающей электросети 50 *гц*.
[3] Для схемы рис. 8-1, *б* — напряжение половины вторичной обмотки силового
[4] Для бестрансформаторного выпрямителя — ток, потребляемый от электросети.
[5] При данной емкости коэффициент пульсации напряжения $p_C \leqslant 5$ %.
[6] При данной емкости коэффициент пульсации напряжения $p_C \leqslant 20$%.

3. По формулам табл. 8-2 находим: а) постоянную составляющую выпрямленного напряжения U_C (если задано подводимое переменное напряжение $U_{\sim}$); б) коэффициент пульсации p_C этого напряжения; в) эффективное значение тока вторичной обмотки трансформатора или ток, потребляемый бестрансформаторным выпрямителем от электросети, $I_{\sim}$; г) габаритную мощность трансформатора; д) емкости конденсаторов; е) рабочие напряжения конденсаторов.

Все подставляемые в эти формулы или получаемые в результате вычисления величины выражаются в следующих единицах: напряжения — в вольтах, токи — в миллиамперах, емкости — в микрофарадах, коэффициенты пульсации — в процентах.

При постоянных составляющих выпрямленного напряжения до 400 *в* в схемах без умножения напряжения обычно применяют электролитические конденсаторы, а при бóльших напряжениях — бумажные конденсаторы. В схемах с умножением напряжения электролитические конденсаторы можно применять в тех случаях, когда напряжение на каждом из них не превышает 400 *в*.

4. На нагрузке выпрямителя (на конденсаторе C_0) получается напряжение с постоянной составляющей $U_0 = U_C - \frac{I_0 r}{1\,000}$, где r — активное сопротивление обмотки дросселя сглаживающего фильтра L или заменяющего его сопротивления (*ом*).

Продолжение табл. 8-2

рис. 8-1

г	*д*	*е*	*ж*	*з*
—	—	$250 \frac{I_0}{U_C}$	—	$500 \frac{I_0}{U_C}$
—	—	$65 \frac{I_0}{U_C}$	—	$130 \frac{I_0}{U_C}$
—	—	$0{,}4U_C$	—	$0{,}3U_C$

ских характеристик примененных вентилей и тока нагрузки.

трансформатора.

Если задано напряжение U_0, то необходимое напряжение $U_C = U_0 + \frac{I_0 r}{1\,000}$.

Обмотка дросселя обычно имеет сопротивление $r \approx 200-400$ *ом.*

Практически в выпрямителях, питающих радиоприемники и усилители, напряжение U_0 обычно на 10—20% меньше напряжения U_C.

Пример. Выбрать тип, количество диодов и шунтирующих их сопротивлений, определить величину выпрямленного напряжения U_C, емкость и рабочее напряжение конденсаторов для бестрансформаторного выпрямителя по мостовой схеме (рис. 8-1, *в*) с питанием от электросети напряжением $U_\sim = 220$ *в*. Выпрямитель должен давать выпрямленный ток $I = 100$ *ма*. Предполагается применить электролитические конденсаторы КЭ-2. Выпрямитель будет работать в приемнике, внутри которого можно ожидать повышения температуры при работе свыше 25°С.

Требуемый выпрямленный ток можно получить, используя диоды ДГ-Ц25—ДГ-Ц27 (см. стр. 423). По табл. 8-1 находим, что при $U_\sim = 220$ *в* и указанных температурных условиях в каждой группе схемы нужно иметь по два диода ДГ-Ц27; их нужно шунтировать сопротивлениями R по 33—39 *ком*.

Всего для монтажа выпрямителя потребуется по восемь таких диодов и сопротивлений.

По табл. 8-2 определяем, что при $U_{\sim} = 220$ *в* получается $U_C = 240$—280 *в*. Рабочее напряжение конденсаторов должно быть не менее $1{,}2\,U_C = 1{,}2 \cdot 280 = 335$ *в*, а емкость конденсатора C — не менее $60\,\frac{I_0}{U_C} = 60 \times \frac{100}{280} = 21{,}5$ *мкф*. Выбираем конденсатор КЭ-2, имеющий ближайшие большие стандартные рабочее напряжение и емкость, т. е. 450 *в*, 40 *мкф*. Коэффициент пульсации напряжения на конденсаторе C при этом $300\,\frac{I_0}{U_C C} = 300\,\frac{100}{240 \cdot 40} \approx 3\%$.

Пакетные селеновые выпрямители предназначены для использования в схеме рис. 8-1, *в*. Номинальные режимы их работы следующие.

Выпрямитель АВС-80-260: $U_{\sim} = 260$ *в*; $U_C = 290$ *в* и $p_C \leqslant 5\%$ при емкости конденсатора $C = 20$ *мкф* и токе нагрузки $I_0 = 80$ *ма*.

Выпрямитель АВС-120-270: $U_{\sim} = 270$ *в*; $U_C = 300$ *в* и $p_C \leqslant 5\%$ при емкости конденсатора $C = 30$ *мкф* и токе нагрузки $I_0 = 120$ *ма*.

Рекомендуется к этим выпрямителям подводить напряжения на 10% ниже номинальных. При этом примерно на такую же величину снижается выпрямленное напряжение, но выпрямители меньше нагреваются при работе, работают надежнее и более длительное время.

Кенотронные выпрямители

Однополупериодный выпрямитель (рис. 8-2, *а* и *б*). В схеме применяется одноанодный кенотрон или двуханодный с соединенными между собой анодами. Накал кенотрона осуществляется от специальной обмотки *IV* силового трансформатора или автотрансформатора.

Переменное напряжение на анод кенотрона подается с обмотки *II* трансформатора или с автотрансформатора. Во время тех полупериодов этого напряжения, когда анод кенотрона имеет положительный потенциал по отношению к его катоду, через кенотрон проходят импульсы тока, заряжающие конденсатор C. Во время полупериодов обратного знака тока через кенотрон нет. Ток разряда конденсатора идет через дроссель сглаживающего фильтра L и нагрузку, подключенную к точкам, обозначенным на схеме знаками + и —.

Каждый последующий импульс тока через вентили восполняет запас энергии конденсатора.

Двухполупериодный выпрямитель (рис. 8-2, *в*). Выпрямители по этой схеме наиболее распространены. В них применяют двуханодные кенотроны 6Ц4П, 6Ц5С, 5Ц4М и др. Накал кенотрона осуществляется от специальной обмотки *IV* силового трансформатора. Переменное напряжение на каждый из анодов кенотрона поступает с половины обмотки *II* трансформатора. Конденсатор C подзаряжается дважды за время каждого полупериода переменного напряжения: один раз импульсом тока, проходящим между верхним по схеме анодом и катодом кенотрона во время полупериода, когда верхний конец обмотки *II* имеет положительный

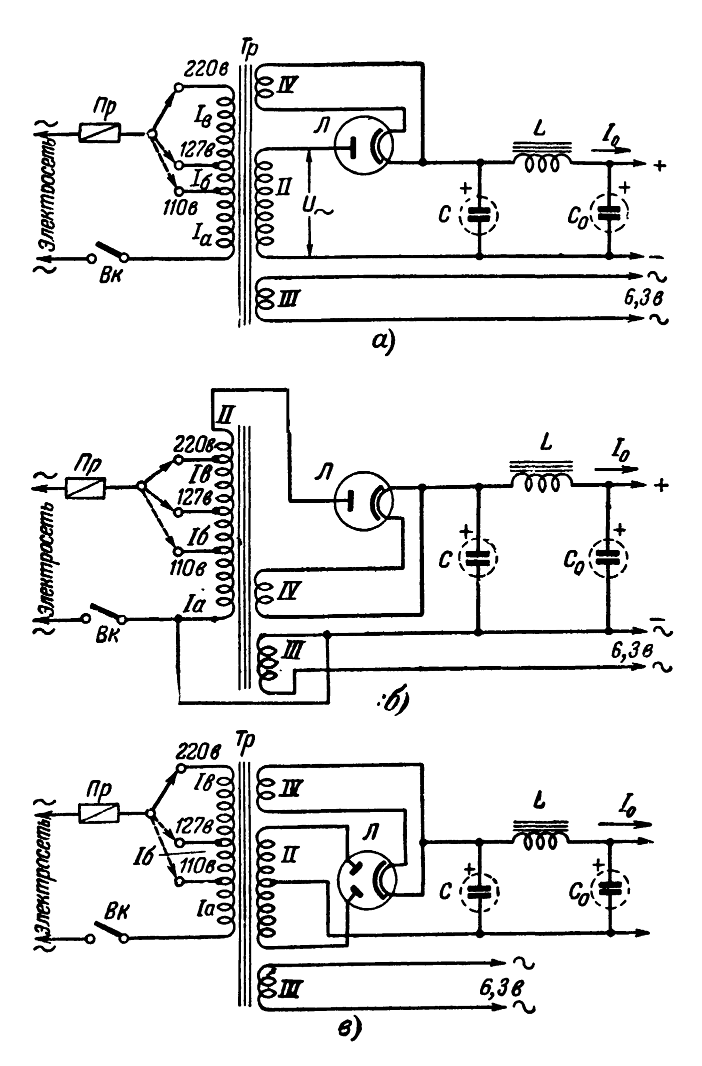


Рис. 8-2. Схемы кенотронных выпрямителей.
а — однополупериодная с трансформатором; *б* — то же с автотрансформатором; *в* — двухполупериодная.

потенциал по отношению к ее средней точке, и второй раз — импульсом тока, проходящим между нижним по схеме анодом и катодом кенотрона во время полупериода, когда нижний конец обмотки имеет положительный потенциал по отношению к ее средней точке.

Выбор элементов схем кенотронных выпрямителей. Напряжение обмотки *II* силового трансформатора выпрямителя с кенотроном любого из указанных выше типов, необходимое для получения заданного выпрямленного напряжения (или наоборот), можно определить с достаточной для практических целей точностью, руководствуясь следующим:

1. Если выпрямленный ток, получаемый от выпрямителя, равен наибольшему допустимому для примененного кенотрона выпрямленному току или имеет близкую к нему величину, постоянная составляющая напряжения на конденсаторе *C* в схеме рис. 8-2, *в* приблизительно равна эффективному напряжению половины обмотки *II* трансформатора, а в схеме рис. 8-2, *а* или *б* — эффективному напряжению всей этой обмотки.

2. С уменьшением тока, отбираемого от выпрямителя, выпрямленное напряжение повышается. Когда от выпрямителя отбирается ток, примерно вдвое меньший по величине по сравнению с наибольшим допустимым, напряжение на конденсаторе *C* примерно на 20—25% выше указанного выше эффективного напряжения.

3. При ненагруженном выпрямителе (режим холостого хода) напряжение на конденсаторах схемы рис. 8-2, *в* в 1,41 раза превышает эффективное напряжение половины обмотки *II*, а на конденсаторах схем рис. 8-2, *а* и *б* во столько же раз превышает напряжение всей этой обмотки.

4. Предельно допустимые переменные напряжения, выпрямленные напряжения и выпрямленные токи для кенотронов различных типов указаны на стр. 407, 415 и 417.

Эффективное значение тока обмотки *II*, габаритную мощность трансформатора (без учета обмоток накала), рабочие напряжения конденсаторов *C*, их емкости и коэффициенты пульсации выпрямленного напряжения на этих конденсаторах для кенотронных выпрямителей определяют так же, как и для полупроводниковых выпрямителей по соответствующим схемам (см. табл. 8-2).

Сглаживающие фильтры

Коэффициент пульсации p_C выпрямленного напряжения U_C (рис. 8-1 и 8-2) составляет величину порядка нескольких процентов. Полностью устранить пульсации выпрямленного напряжения невозможно, однако фон переменного тока в громкоговорителе будет достаточно слабым, если пульсации напряжения, поступающего на различные каскады лампового радиоприемника или усилителя, не превышают следующих величин:

Каскады усиления ВЧ, ПЧ и предварительные каскады усиления НЧ, % . . . . 0,01—0,05
Одноламповые оконечные каскады усиления НЧ, % . 0,1—0,5
Двухтактные оконечные каскады усиления НЧ, % . . . 1—5

Принцип действия сглаживающего фильтра. Выпрямленный пульсирующий ток проходит на нагрузку через дроссель *L* (рис. 8-1 и 8-2), обмотка которого, обладая относительно небольшим сопротивлением для постоянной составляющей тока, представляют собой значительное ин-

дуктивное сопротивление для переменной составляющей. Вследствие этого переменная составляющая тока ослабляется дросселем в значительно большей мере, чем постоянная составляющая. Если конденсатор C_0 имеет небольшую утечку, постоянная составляющая выпрямленного тока через него практически не ответвляется. В то же время его емкостное сопротивление значительно меньше сопротивления нагрузки выпрямителя, и поэтому большая часть переменной составляющей выпрямленного тока проходит через этот конденсатор, а не через нагрузку. В результате совместного действия дросселя L и конденсатора C_0 пульсация напряжения на последнем значительно меньше, чем на конденсаторе C.

Вместо дросселя L в сглаживающем фильтре выпрямителя радиовещательного приемника можно использовать обмотку подмагничивания электродинамического громкоговорителя или постоянное сопротивление величиной порядка сотен (иногда порядка тысяч) ом. Фильтр с сопротивлением находит применение когда ток нагрузки не превышает 20—25 *ма* (например, когда напряжение на анод лампы оконечного каскада усилителя НЧ подают с конденсатора C — см. ниже).

Число, показывающее, во сколько раз коэффициент пульсации напряжения на конденсаторе C_0 сглаживающего фильтра (рис. 8-1 и 8-2) меньше коэффициента пульсации напряжения на конденсаторе $C(C_1, C_2)$, называется к о э ф ф и ц и е н т о м ф и л ь т р а ц и и или коэффициентом сглаживания пульсаций фильтра.

В выпрямителях радиоприемников и усилителей НЧ обычно применяют конденсатор C_0 такой же емкости, как и конденсатор C (20—40 *мкф*), а дроссель берут с индуктивностью порядка 5—20 *гн*. При этом коэффициент пульсации напряжения на конденсаторе C_0 не превышает 0,02—0,05%. Развязывающие фильтры в анодных цепях каскадов усиления ВЧ, ПЧ и предварительных каскадов усиления НЧ обеспечивают дальнейшее снижение пульсаций выпрямленного напряжения.

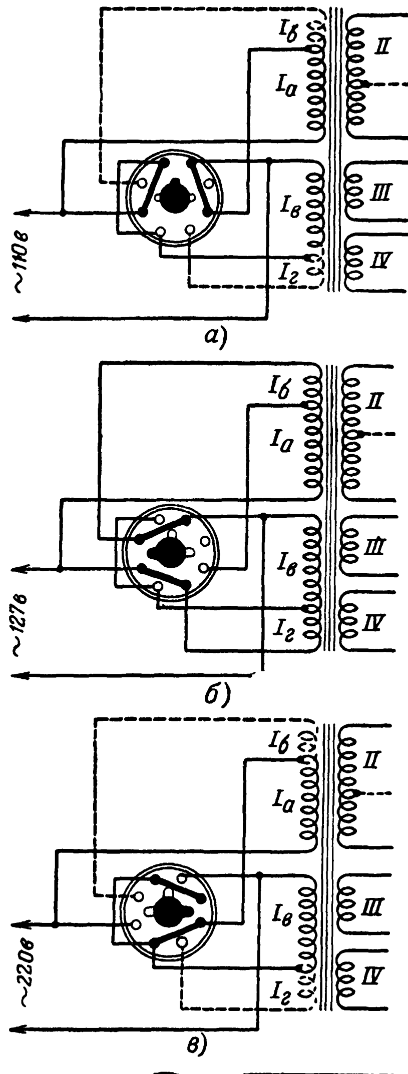
На анод лампы (аноды ламп) оконечного каскада усиления НЧ напряжение можно подавать с конденсатора C, т. е. брать его до дросселя L (сопротивления), однако на экранирующую сетку лампы (ламп) этого каскада напряжение необходимо брать с конденсатора C_0 (после дросселя).

Расчет дросселя можно произвести по формулам (1-25) и (1-28), выбрав для него сердечник по табл. 12-18 (стр. 501). Требуемую площадь сечения провода для дросселя определяем, разделив величину выпрямленного тока I_0, идущего через дроссель, на плотность тока, указанную в этой таблице для сердечника выбранного размера. После этого по табл. 13-1 находим диаметр провода, соответствующий полученной расчетом площади сечения. Если в табл. 13-1 нет провода с таким диаметром, выбираем провод, имеющий ближайшее большее сечение.

Силовые трансформаторы

Силовые (сетевые) трансформаторы выпрямителей для питания радиоприемников, усилителей и маломощных передатчиков чаще всего имеют Ш-образные сердечники из листовой электротехнической стали (рис. 12-14 и табл. 12-18, стр. 501).

Первичные (сетевые) обмотки таких трансформаторов делают секционированными, чтобы имелась возможность включать их в электросети с различными номинальными напряжениями.



В схеме рис. 8-3 выводы от первичной обмотки трансформатора подведены к гнездам октальной ламповой панельки, среднее отверстие которой имеет специальную форму. В панельку вставляется колодка с четырьмя попарно замкнутыми между собой штырьками (рис. 8-3, *г*), конструкция которой подобна октальному цоколю электронной лампы. При различных напряжениях электросети колодка переключателя устанавливается в различных положениях.

Схема переключения секций первичной обмотки силового трансформатора, показанная на рис. 8-2, *а* и *в*, неэкономична в отношении расхода провода на эту обмотку.

Расчет силового трансформатора производится в следующем порядке.

1. По формуле табл. 8-2 вычисляем необходимую величину габаритной мощности трансформатора для выбранной схемы выпрямителя. Если трансформатор должен иметь обмотки накала ламп, увеличиваем эту величину на величину мощности, потребной для накала ламп. Для каждой такой обмотки она равна произведению суммарного тока накала всех ламп, подключенных к обмотке, на их номинальное напряжение накала.

2. По табл. 12-18 (стр. 501) выбираем сердечник с размерами, соответствующими требуемой габаритной мощности $P_т$ трансформатора. Если в таблице нет сердечника точно на

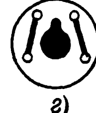


Рис. 8-3. Типовая схема соединения секций первичной обмотки силового трансформатора при различных напряжениях питающей электросети.

а — при напряжении сети 110 *в*; *б* — при напряжении сети 127 *в*; *в* — при напряжении сети 220 *в*; *г* — соединение между штырьками съемной колодки переключателя.

Таблица 8-3

Силовые трансформаторы радиовещательных приемников и радиол

Название приемника	Применяемый вентиль	Сердечник	Обмотка I (сетевая): Схема по рис.	Обмотка I (сетевая): Число витков и провод секций: Iа	Iб	Iв	Iг	Число витков и провод обмотки II (повышающая) [1]	Число витков и провод обмотки III (накал ламп) [2]	Число витков и провод обмотки IV (накал кенотрона) [3]
«Байкал», «Дайна», «Маяк»	АВС-80-260	УШ-26 × 26	8-3	588 0,31	90 0,31	588 0,31	90 0,31	1 368 0,31	38 1,0 38 1,0	— — — —
«Баку»	5Ц4С	Ш-32 × 48	8-2, *в*	363 0,51	56 0,51	307 0,33	— —	830 + 830 0,2	24 1,0	19 1,0
«Беларусь-53»	5Ц4С (2 шт.)	Ш-33 × 55	8-3	310 0,69	54 0,69	310 0,69	54 0,69	880 + 880 0,35	20 1,74	16 1,25
«Восток-49»	5Ц4С	Ш-32 × 45	8-3	414 0,33	55 0,33	414 0,33	55 0,33	820 + 820 0,18	23 1,0	18 1,0
«Днепропетровск»	5Ц4С	Ш-32 × 40	8-2, *в*	415 0,51	61 0,51	344 0,35	— —	960 + 960 0,2	23 1,16	19 1,08
«Дніпро-58»	АВС-80-260	Ш-25 × 32	8-2, *а*	650 0,33	100 0,33	550 0,25	— —	1 520 0,16	39 1,0	— —
«Казань-57»	АВС-120-270	Ш-18 × 30	8-2, *а*[4]	1 210 0,31		910 0,31	— —	1 800 0,2	69 1,0	— —
«Минск Р-7-55»	5Ц4С	Ш-33 × 33	8-3	472 0,35	72 0,35	472 0,35	72 0,35	1 180 + 1 180 0,14	30 1,0	24 1,0
«Мир-154»	5Ц3С	Ш-40 × 50	8-3	263 0,51	41 0,51	263 0,51	41 0,51	700 + 700 0,31	16 1,35	13 1,0
«Мир»	5Ц3С	Ш-40 × 60	8-3	197 0,64	31 0,64	197 0,61	31 0,64	550 + 550 0,31	6 + 6 1,5	9,5 1,5

Продолжение табл. 8-3

Название приемника	Применяемый вентиль	Сердечник	Обмотка I (сетевая): Схема по рис.	Обмотка I (сетевая): Число витков и провод секций Ia	Iб	Iв	Iг	Число витков и провод обмотки II (повышающая) [1]	Число витков и провод обмотки III (накал ламп) [2]	Число витков и провод обмотки IV (накал кенотрона) [3]
«Нева-52», «Нева-55»	5Ц4С	Ш-33 × 52	8-3	368 0,51	57 0,51	368 0,51	57 0,51	960 + 960 0,25	23 1,2—1,25	18 1,0
«Октава», «Мелодия», «Комета», «Волга»	АВС-80-260	УШ-26 × 26	8-3	534 0,31	82 0,31	534 0,31	82 0,31	1 230 0,23	35 1,0	— —
«Октябрь»	5Ц4С	УШ-30 × 45	8-3	340 0,49	53 0,49	340 0,49	53 0,49	880 + 880 0,25	10 + 10 1,35	17 0,8
«Рига-6»	5Ц4С	Ш-34 × 32	8-3	450 0,31	69 0,31	450 0,31	69 0,31	1 100 + 1 100 0,16	28 1,0	22 1,0
«Рига-10»	5Ц4С	Ш-40 × 40	8-3	341 0,44	53 0,44	341 0,44	53 0,44	800 + 800 0,25	10,5 + 10,5 1,5	16 1,0
«Сакта»	АВС-80-260	УШ-26 × 30	8-3	515 0,35	80 0,35	515 0,35	80 0,35	1 200 0,23	34 1,0	— —
«Салют»	5Ц4С	Ш-32 × 48	8-3	359 0,33	55 0,33	359 0,33	55 0,33	1 200 + 1 200 0,2	21 1,0	17 0,9
«Стрела»	6Ц4П[5]	Ш-22 × 33	8-2,*а*[4]	765 0,31		557 0,2	— —	1 140 0,2	44 1,0	— —
«Урал-52»	5Ц4С	Ш-32 × 40	8-3	400 0,31	60 0,31	400 0,31	60 0,31	1 200 + 1 200 0,2	24 1,0	19 0,8
«Урал-57»	5Ц4С	Ш-32 × 40	8-3	400 0,31	60 3,31	400 0,31	60 0,31	1 150 + 1 150 0,2	25 1,0	20 0,8
«Чайка»	5Ц4С	УШ-26 × 52	8-3	315 0,41	48 0,41	315 0,41	48 0,41	780 + 780 0,2	20 1,0	16 0,86

11*

Продолжение табл. 8-3

Название приемника	Применяемый вентиль	Сердечник	Обмотка I (сетевая): Схема по рис.	Обмотка I (сетевая): Число витков и провод секций Iа	Iб	Iв	Iг	Число витков и провод обмотки II (повышающая)[1]	Число витков и провод обмотки III (накал ламп)[2]	Число витков и провод обмотки IV (накал кенотрона)[3]
«Фестиваль»	АВС-120-270	Ш-20 × 45	8-3	315 0,38	50 0,38	315 0,38	50 0,38	700 50 + 50[6] 0,29	18 + 3 1,0	45[7] 0,29
«Эстония»	АВС-25 (4 шт.)	УШ-26 × 39	8-3	366 0,41	56 0,41	366 0,41	56 0,41	850 0,29	23 1,0 23 1,0	— —
«Латвия»	АВС-120-270	УШ-26 × 26	8-3	542 0,31	83 0,31	542 0,31	83 0,31	1 290 0,2	35 1,0 34 0,41	— —
«Люкс», «Люкс-2», «Дружба»	АВС-120-270	УШ-26 × 45	8-3	325 0,47	50 0,47	325 0,47	50 0,47	750 0,27	10 + 10 1,0 20 1,0	— —

[1] В тех случаях, когда указаны два числа, разделенные знаком +, обмотка имеет отвод от средней точки.
[2] Напряжение нагруженной обмотки 6,3 *в*; если в графе имеются два числа, разделенные знаком +, обмотка имеет отвод.
[3] Напряжение нагруженной обмотки 5 *в*.
[4] Отвода на напряжение 110 *в* нет.
[5] Накал кенотрона питается от общей обмотки накала приемно-усилительных ламп.
[6] Обмотка выпрямителя смещения на управляющие сетки оконечного каскада радиолы.
[7] Обмотка питания цепей автоматики.

такую мощность, выбираем сердечник, обеспечивающий большую мощность $P_т$.

Выписываем из таблицы величину полезной площади сечения этого сердечника $Q_с$ и допустимую для обмоток трансформатора плотность тока Δ.

3. Числа витков w секций первичной обмотки: секции *Iа* в схемах рис. 8-2, *а*, *в* и 8-3, а также секции *Iв* в схеме рис. 8-3

$$w_{Ia} = w_{Iв} = \frac{4\,000}{Q_с}, \qquad (8\text{-}1)$$

секции *Iб* в схемах рис. 8-2, *а*, *в* и 8-3, а также секции *Iг* в схеме рис. 8-3

$$w_{Iб} = w_{Iг} = \frac{620}{Q_с} \qquad (8\text{-}2)$$

и секции *Iв* в схемах рис. 8-2, *а* и *в*

$$w_{Iв} = \frac{3\,400}{Q_с}. \qquad (8\text{-}3)$$

4. Число витков обмотки *II* (для выпрямителей по схемам 8-1, *б* и 8-2, *в* — число витков половины обмотки *II*)

$$w_{II} = \frac{40U_{\sim}}{Q_с}, \qquad (8\text{-}4)$$

где величина напряжения $U_{\sim}$ предварительно вычислена по соответствующей формуле табл. 8-2 для выпрямителя по выбранной схеме; для кенотронного выпрямителя величину $U_{\sim}$ можно принять равной величине напряжения на конденсаторе *C*.

5. Числа витков обмоток *III* и *IV*, если напряжение накала приемно-усилительных ламп (генераторных ламп) и кенотрона $U_н = 6{,}3$ *в*,

$$w_{III} = w_{IV} = \frac{250}{Q_с}, \qquad (8\text{-}5)$$

а число витков обмотки *IV* при напряжении накала кенотрона $U_н = 5$ *в*

$$w_{IV} = \frac{200}{Q_с}. \qquad (8\text{-}6)$$

Если нужно иметь обмотки с другими напряжениями, числа их витков вычисляют по формулам (1-38)—(1-39) (см. стр. 38).

6. Площади сечения проводов q первичной обмотки: секций *Iа* и *Iб* в схемах рис. 8-2, *а* и *в*

$$q_{Ia} = q_{Iб} = \frac{P_т}{110\Delta} \qquad (8\text{-}7)$$

и секции *Iв* в схемах рис. 8-2, *а* и *в*

$$q_{Iв} = \frac{P_т}{220\Delta}, \qquad (8\text{-}8)$$

где Δ — плотность тока, указанная в табл. 12-18 для сердечника выбранного размера.

Площади сечения проводов всех секций первичной обмотки трансформатора по схеме рис. 8-3 вычисляют по формуле (8-8).

7. Площадь сечения провода обмотки *II*

$$q_{II} = \frac{I_{\sim}}{1\,000\Delta}, \qquad (8\text{-}9)$$

где $I_{\sim}$ — величина тока в миллиамперах, вычисленная предварительно по формуле табл. 8-2, относящейся к соответствующей схеме выпрямителя.

8. Площади сечения проводов обмоток накала *III* и *IV*

$$q_{III} = \frac{I_{н.л}}{\Delta}; \quad q_{IV} = \frac{I_{н.к}}{\Delta}, \qquad (8\text{-}10)$$

где $I_{н.л}$ — общий ток накала всех приемно-усилительных (генераторных) ламп, *а*;

$I_{н.к}$ — ток накала кенотрона, *а*.

9. По табл. 13-1 находим диаметры проводов обмоток, соответствующие площадям сечения, вычисленным по формулам (8-7)—(8-10). Если в таблице нет провода с расчетным диаметром, выбираем провод диаметром, имеющим ближайшее большее сечение.

Пример. Требуется рассчитать силовой трансформатор к выпрямителю по мостовой схеме (рис. 8-1, *в*) с селеновым столбом АВС-80-260. Последний должен работать в нормальном для него режиме: выпрямленное напряжение $U_C = 290$ *в*, выпрямленный ток $I_0 = 80$ *ма*, подводимое переменное напряжение $U_{\sim} = 260$ *в*. От этого же трансформатора нужно получить напряжение $U_{н.л} = 6{,}3$ *в* при токе $I_{н.л} = 3$ *а* для накала приемно-усилительных ламп. Первичную обмотку трансформатора предполагается выполнить по схеме рис. 8-3.

1. Габаритная мощность трансформатора для выпрямителя по схеме рис. 8-1, *в*, если он не имеет обмотки накала, согласно табл. 8-2 должна быть $\frac{1{,}6 \cdot 290 \cdot 80}{1\,000} = 38$ *ва*. С учетом требуемой мощности на накал ламп 6,3 *в* · 3 *а* габаритная мощность трансформатора $P_T = 38 + 20 = 58$ *ва*.

По табл. 12-18 выбираем сердечник из пластин Ш-25 толщиной 0,5 *мм* и размерами 100 × 62,5 *мм* при толщине пакета $B = 63$ *мм*. Для такого сердечника габаритная мощность 60 *ва*, т. е. несколько больше требуемой; полезная площадь его сечения $Q_c = 13{,}4$ *см*², допустимая плотность тока в обмотках 2,1 *а/мм*².

Числа витков секций первичной обмотки согласно формулам (8-1) и (8-2)

$$w_{Ia} = w_{Iв} = \frac{4\,000}{13{,}4} = 300; \quad w_{Iб} = w_{Iг} = \frac{620}{13{,}4} = 46.$$

Числа витков вторичных обмоток по формулам (8-4) и (8-5)

$$w_{II} = \frac{40 \cdot 260}{13{,}4} = 780; \quad w_{III} = \frac{250}{13{,}4} = 19.$$

Площади сечения проводов секций первичной обмотки по формуле (8-8)

$$q_{Ia} = q_{Iб} = q_{Iв} = q_{Iг} = \frac{60}{220 \cdot 2{,}1} = 0{,}13 \text{ мм}^2.$$

Эффективный ток в обмотке *II* согласно табл. 8-2

$$I_{\sim} = 1{,}8 \cdot 80 = 144 \text{ ма}.$$

Площади сечения проводов вторичных обмоток:

$$q_{II} = \frac{144}{1\,000 \cdot 2{,}1} = 0{,}0685 \text{ мм}^2; \quad q_{III} = \frac{3}{2{,}1} = 1{,}425 \text{ мм}^2.$$

По табл. 13-1 выбираем диаметры проводов: для первичной обмотки — 0,44 *мм* (площадь сечения 0,15205 $мм^2$), для обмотки *II* — 0,31 *мм* (площадь сечения 0,07548 $мм^2$) и для обмотки *III* — 1,35 *мм* (площадь сечения 1,4314 $мм^2$).

Автотрансформаторы

Автотрансформатором называется трансформатор, одна из обмоток которого составляет часть другой его обмотки.

Автотрансформаторы применяют вместо трансформаторов в выпрямителях (см., например, рис. 8-2, *б*), а также для регулировки напряжения, подаваемого на радиоприемники, телевизоры и другую аппаратуру, питаемую от электросетей, при колебаниях напряжений в последних (рис. 8-4).

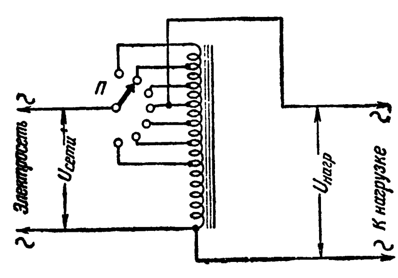


Рис. 8-4. Схема автотрансформатора.

Автотрансформатор называется п о в ы ш а ю щ и м, если снимаемое с него на нагрузку напряжение больше подводимого к нему напряжения, и п о н и ж а ю щ и м, когда напряжение, снимаемое на нагрузку, меньше подводимого к автотрансформатору.

По своей электрической схеме автотрансформатор аналогичен дросселю с отводом от его обмотки (или с несколькими отводами). В повышающем трансформаторе напряжение сети $U_{сети}$ подается на часть витков обмотки, а напряжение на нагрузку $U_{нагр}$ снимется с концов обмотки. В понижающем автотрансформаторе напряжение электросети $U_{сети}$ подводится к концам обмотки и снимается на нагрузку с части обмотки.

Основное преимущество автотрансформатора состоит в том, что его габаритная мощность, а значит, и размеры сердечника, при той же передаваемой мощности меньше, чем у трансформатора.

Габаритная мощность повышающего автотрансформатора

$$P_{АТ} = P_{нагр}\left(1 - \frac{U_{сети}}{U_{нагр}}\right) = \frac{I_{нагр}(U_{нагр} - U_{сети})}{1\,000} \qquad (8\text{-}11)$$

и понижающего автотрансформатора

$$P_{АТ} = P_{нагр}\left(1 - \frac{U_{нагр}}{U_{сети}}\right) = \frac{I_{нагр}U_{нагр}(U_{сети} - U_{нагр})}{1\,000U_{сети}}, \qquad (8\text{-}12)$$

где $P_{нагр}$, $U_{нагр}$, $I_{нагр}$ — мощность, требуемая нагрузкой, напряжение на ней и ток нагрузки;

$U_{сети}$ — напряжение, поступающее на автотрансформатор от электросети.

В этих формулах напряжения — в вольтах и токи нагрузки — в миллиамперах.

Необходимый для автотрансформатора размер сердечника можно выбрать по табл. 12-18 (стр. 501), принимая указанные в ней габаритные мощности трансформаторов за мощность $P_{АТ}$. Если на автотрансформаторе имеются дополнительные обмотки накала (см., например, рис. 8-2, *б*), перед выбором размера сердечника нужно к вычисленной по формуле (8-11) или (8-12) величине прибавить мощность, потребляемую от этих обмоток.

При расчете габаритной мощности регулировочного автотрансформатора (рис. 8-4) в формулу (8-11) подставляют наименьшее ожидаемое напряжение питающей электросети. Такой автотрансформатор обеспечит также (по габаритной мощности) регулирование напряжения при повышении напряжения в питающей сети выше номинального.

Полное число витков обмотки повышающего автотрансформатора с сердечником, имеющим полезную площадь сечения $Q_с$,

$$w_{АТ} = \frac{40U_{нагр}}{Q_с} \qquad (8\text{-}13)$$

и понижающего автотрансформатора

$$w_{АТ} = \frac{36U_{сети}}{Q_с}. \qquad (8\text{-}14)$$

Отвод нужно делать от такого витка обмотки: в повышающем автотрансформаторе

$$w = \frac{36U_{сети}}{Q_с} \qquad (8\text{-}15)$$

и в понижающем

$$w = \frac{40U_{нагр}}{Q_с}. \qquad (8\text{-}16)$$

Для расчета чисел витков автотрансформатора на стандартные напряжения электросети можно также пользоваться формулами (8-1) — (8-3). Числа витков обмоток накала вычисляют по формулам (8-5) и (8-6). Площади сечения и диаметры проводов обмоток автотрансформатора определяют в том же порядке, как и для трансформатора, но полученную расчетом площадь сечения той части обмотки повышающего автотрансформатора, которая включается в электросеть, умножают на величину $1 - \frac{U_{сети}}{U_{нагр}}$, а площадь сечения той части обмотки понижающего автотрансформатора, к которой подключается нагрузка, умножают на величину $1 - \frac{U_{нагр}}{U_{сети}}$. Для автотрансформатора, рассчитываемого на включение в сети с различными номинальными напряжениями, указанную поправку нужно делать только для части обмотки, которая включается в сеть напряжением 110 *в*.

8-3. ФЕРРОРЕЗОНАНСНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ

Феррорезонансный стабилизатор напряжения переменного тока представляет собой трансформатор особой конструкции, обмотки которого размещены на двух стержнях различного сечения (рис. 8-5). На стержне большего сечения размещается обмотка *I*, к которой подводится напряжение сети. На стержне меньшего сечения расположена обмотка *II*, с части которой *IIа* снимается стабилизированное напряжение на нагрузку, и последовательно соединенная с ней добавочная обмотка *IIб*. Индуктивность всей обмотки *II* и конденсатор *С* образуют резонансный контур, настроенный на частоту электросети. Применяются специально разработанные для таких стабилизаторов бумажные конденсаторы типа СН, либо стандартные бумажные конденсаторы типа КБГ-МН.

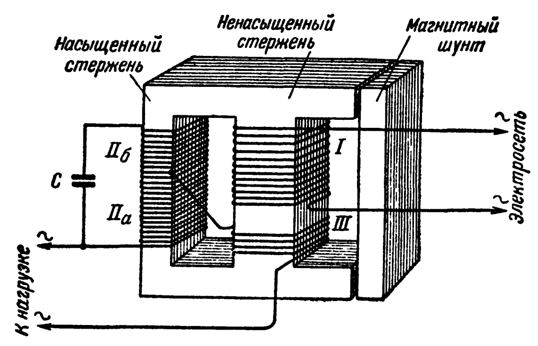


Рис. 8-5. Феррорезонансный стабилизатор напряжения.

По первичной обмотке *I* протекает ток, достаточный для насыщения магнитными силовыми линиями стержня малого сечения. Вследствие этого при изменениях тока в обмотке *I*, вызванных изменением напряжения питающей сети, магнитный поток в стержне с обмоткой *II* почти не изменяется; мало изменяется поэтому и напряжение на обмотке *II*. Резонансный контур улучшает стабильность напряжения на этой обмотке.

Обмотка *III*, намотанная на стержне большого сечения и включенная последовательно с обмоткой *II*, дает на нагрузку напряжение, противоположное по фазе напряжению обмотки *II*. Поэтому напряжение на нагрузке стабилизатора, равное разности напряжений на обмотках *IIа* и *III*, изменяется значительно меньше, чем напряжение в электросети.

Изменяя зазор между сердечником и магнитным шунтом, устанавливают необходимую степень насыщения магнитными силовыми линиями стержня с обмоткой *II* и настраивают в резонанс с частотой сети резонансный контур, чем добиваются наилучшей стабильности выходного напряжения.

Практически можно получить выходное напряжение, изменяющееся не более чем на $\pm 2 \div 5\%$ номинальной величины при колебаниях напряжения питающей электросети на $\pm 25 \div 30\%$.

Таблица 8-4

Феррорезонансные стабилизаторы заводского производства

Тип стабилизатора	СНФ-200	СТ-200	СН-320	УСН-350
Номинальная мощность стабилизатора, *ва*	165	200	300	350
Номинальные входные напряжения, *в*	110; 127; 160; 180; 220	127; 220	110; 220	110; 127; 220
Допустимые пределы колебания напряжения сети при различных положениях переключателя стабилизатора, *в*:				
Положение «110 *в*»	70—130	—	90—120	70—130
» «127 *в*»	80—150	95—140	—	90—150
» «160 *в*»	90—160	—	—	—
» «180 *в*»	100—190	—	—	—
» «220 *в*»	140—250	170—240	175—240	150—260
Стабилизированное выходное напряжение	220 *в* ± 3%	220 *в* ± 5%	220 *в* ± 4%	220 *в* ± 5% 127 *в* ± 5%

Коэффициент полезного действия феррорезонансного стабилизатора напряжения достигает 80—85%. Конструкции различных феррорезонансных стабилизаторов могут несколько отличаться от описанной, но принцип их действия тот же.

8-4. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ

Гальванический элемент представляет собой источник электрической энергии (постоянного тока), получаемой в результате химических реакций, происходящих внутри элемента при замкнутой его внешней цепи. Он состоит из двух электродов и находящегося между ними электролита— раствора какой-либо соли, кислоты или щелочи. Положительный электрод чаще всего изготовляется из угля или меди, а отрицательный — из цинка (разработаны элементы с железным отрицательным электродом).

Наибольшее распространение для питания радиоаппаратуры имеют сухие элементы с угольными и цинковыми электродами, отличающиеся тем, что в их электролит — раствор нашатыря с примесью хлористого цинка — добавлен загуститель (пшеничная или картофельная мука), превращающий электролит в густую непроливающуюся массу (рис. 8-6).

Когда внешняя цепь элемента замкнута, в результате происходящих в нем химических реакций на положительном электроде выделяется

водород, который увеличивает внутреннее сопротивление элемента, а следовательно, и падение напряжения на нем. Для устранения водорода в элементах применяют вещества, называемые деполяризато-

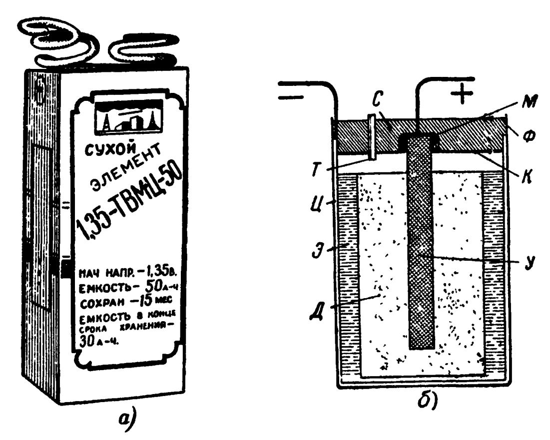


Рис. 8-6. Гальванический сухой элемент стаканчикового типа.
а — общий вид; *б* — схематический разрез.
У — угольный стержень; *М* — медный колпачок; *Ц* — цинковый стакан; *Э* — электролит; *Д* — деполяризатор; *Ф* — картонный футляр; *К* — картонная крышка; *С* — смолка; *Т* — стеклянная трубочка для отвода газов.

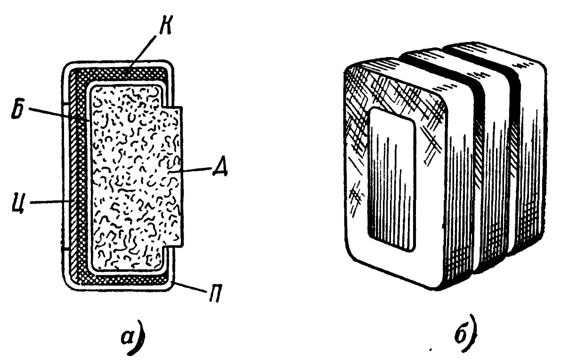


Рис. 8-7. Гальванический сухой элемент галетного типа.
а — схематический разрез; *б* — сборка батареи из галетных элементов;
Д — деполяризатор — положительный электрод; *Ц* — цинк — отрицательный электрод; *Б* — бумага; *К* — картон; *П* — пленка.

рами. В сухих элементах в качестве деполяризатора используют смесь мелкоразмолотой перекиси марганца (который обладает свойством активно поглощать водород, вступая с ним в химическое соединение) с графитом и сажей. Эта смесь замешивается в растворе нашатыря. Такие элементы

называются сухими элементами с марганцевой деполяризацией.

В сухих элементах с марганцево-воздушной деполяризацией устранение водорода с положительного электрода происходит одновременно под действием перекиси марганца и кислорода воздуха. Поэтому они обладают меньшим внутренним сопротивлением и способны давать значительно больший ток, чем элементы только с марганцевой деполяризацией таких же размеров.

По конструкции сухие элементы разделяются на стаканчиковые и галетные (рис. 8-6, 8-7 и табл. 8-5).

Для получения напряжения больше 1,5 *в* или для получения большего тока по сравнению с током, который может дать элемент данного размера, однотипные элементы соединяют в батареи. В первом случае применяют последовательное соединение элементов, а во втором — параллельное или последовательно-параллельное — смешанное (см. § 1-17). В частности, последовательное соединение элементов используют в анодных батареях — в батареях для питания цепей анодов и экранирующих сеток радиоаппаратуры с электронными лампами. Параллельное и смешанное соединения элементов применяют в батареях накала.

Электрические характеристики гальванических элементов и батарей

Начальное напряжение — напряжение между выводами (на зажимах) свежеизготовленного не бывшего в эксплуатации элемента (батареи) при нагрузке его сопротивлением определенной величины, установленной Государственным стандартом или техническими условиями на данный элемент (батарею). Начальное напряжение элементов различных конструкций составляет 1,3—1,6 *в*, а начальное напряжение батареи равно начальному напряжению каждого из ее элементов, умноженному на число последовательно включенных элементов.

Элемент или батарея считаются свежеизготовленными в течение 15 суток после их изготовления (дата изготовления обозначается на каждом элементе и на каждой батарее).

При увеличении нагрузочного сопротивления напряжение элемента или батареи становится больше номинального, а при уменьшении этого сопротивления — меньше номинального. По мере разряда элемента или батареи, т. е. по мере того, как расходуется запасенная в них химическая энергия, даваемые ими напряжения снижаются.

Начальная э. д. с. — э. д. с. между выводами свежеизготовленного не бывшего в употреблении элемента (батареи).

Начальная емкость — гарантируемая заводом-изготовителем емкость большинства элементов (батарей) данного названия при их разряде в определенном режиме в нормальных (комнатных) условиях до заданного конечного напряжения. Зависит от размеров элемента. Измеряется в ампер-часах (*а·ч*).

Режим разряда и конечное напряжение устанавливаются Государственным стандартом или техническими условиями на элементы (батареи). Для сухих элементов различных наименований конечное напряжение принято равным 0,7—1 *в*; конечное напряжение батареи равно конечному напряжению одного элемента, входящего в батарею, умноженному на число последовательно соединенных элементов.

Емкость в большинстве случаев регламентируется для режима непрерывного разряда элемента (батареи) на постоянное нагрузочное

Таблица 8-5

Гальванические элементы и батареи

Название [1]	Начальное напряжение, *в*	Начальная емкость, *а·ч*	Продолжительность работы свежеизготовленного, *ч*	Гарантийная сохранность, мес.	Емкость в конце срока хранения, *а·ч*	Продолжительность работы в конце срока хранения, *ч*	Условия разряда: Сопротивление нагрузки, *ом*	Условия разряда: Конечное напряжение, *в*	Длина, ширина (или диаметр) и высота не более, *мм*	Вес не более, *кг*	Конструкция элементов
Элементы											
1,3-ФМЦ-0,25 (ФБС-0,25) [2]	1,3	0,25	—	4	0,17	—	—	0,6	⌀ 21,1 × 37,5	0,022	Стаканчиковая
1,5-СНМЦ-0,6 (КБ-СА) «Накал-Слух» [3]	1,5	0,6	12	6	0,4	8	2,5	1,0	⌀ 20 × 59,5	0,04	То же
1,6-ПМЦ-Х-1 (КБ-1)	1,6	1,05	—	8	—	—	117	1,0	⌀ 21 × 60	0,045	» »
1,58-СНМЦ-2,5п (НС-СА) «Накал-Звук» [3]	1,58	2,5	20	10	2,0	15	10	1,0	⌀ 36 × 101	0,16	» »
1,6-ФМЦ-у-3,2 (1 КС-у-3) «Сатурн» [4]	1,6	3,2	32	12	2,6	26	10	0,7	⌀ 34 × 64	0,105	» »
1,6-ПМЦ-у-3,2	1,6	3,2	32	12	2,6	26	10	0,7	⌀ 34 × 75	0,15	» »
1,46-ТМЦ-7,5 (2 КС-л-8)	1,46	7,5	—	12	7	—	10	0,7	⌀ 40,5 × 112	0,3	» »
1,6-ТМЦ-у-8 (2 КС-у-8)	1,6	8,0	—	12	7,5	—	10	0,7	⌀ 40,5 × 112	0,3	» »
1,6-ПМЦ-у-8 (2 С-у-8)	1,6	8,0	80	12	—	—	10	0,7	42 × 42 × 102	0,3	» »
	1,6	8,0	160				20	0,7			
1,48-ПМЦ-9 (2 С-л-9)	1,48	9,0	80	12	6	60	10	0,7	42 × 42 × 102	0,3	» »
1,5-ТМЦ-29,5 (3 С-л-30)	1,5	29,5	280	18	22	200	10	0,7	57 × 57 × 132	0,7	» »
1,66-ТМЦ-у-28 (3 С-у-30)	1,66	28	280	18	23	230	10	0,7	57 × 57 × 132	0,7	» »
1,35-ТВМЦ-50 (3С-МВД)	1,35	45	520	15	30	300	10	0,7	57 × 57 × 132	0,6	» »
1,5-СТМЦ-60ч «Кристалл» [5]	1,5	—	60	6	—	—	200	1,0	⌀ 6[illegible] × 50	0,025	» »
1,3-НВМЦ-150 (6С-МВД)	1,3	150	700	15	80	450	5	0,7	82 × 82 × 176	1,7	» »

Продолжение табл. 8-5

Название [1]	Начальное напряжение, *в*	Начальная емкость, *а·ч*	Продолжительность работы свежеизготовленного, *ч*	Гарантийная сохранность, мес.	Емкость в конце срока хранения, *а·ч*	Продолжительность работы в конце срока хранения, *ч*	Условия разряда: Сопротивление нагрузки, *ом*	Условия разряда: Конечное напряжение, *в*	Длина, ширина (или диаметр) и высота не более, *мм*	Вес не более, *кг*	Конструкция элементов
Батареи накала и фонарные											
1,46-НМЦ-60ч «Накал-Воронеж» [6]	1,46	—	60	12	—	45	3,0	0,9	180 × 45 × 105	1,3	Стаканчиковая
1,3-НВМЦ-75 «Прибой»	1,3	75	300	12	40	160	4,5	0,95	162 × 57 × 132	2,0	То же
1,3-НВМЦ-250 «Волна»	1,3	250	1 000	15	150	600	4,5	0,95	228 × 80 × 170	5,0	» »
1,28-НВМЦ-525 (БНС-МВД 500) «Девиз» [7]	1,28	525	1 100	15	315	675	2,0	0,8	160 × 160 × 185	6,5	» »
1,28-НВМЦ-525п (БНС-МВД-400) «Экран» [8]	1,28	525	1 100	15	315	675	2,0	0,8	160 × 160 × 185	6,5	» »
3-ФМЦ-20м «Свет»	2,6	—	0,33	3	—	—	10	1,4	33 × 16 × 56	—	» »
3,7-ФМЦ-0,5 (КБС-л-0,50)	3,7	0,5	2	6	0,27	1,3	10	2,0	63 × 22 × 67	0,16	» »
4,1-ФМЦ-0,7 (КБС-х-0,7)	4,1	0,7	3	8	0,38	2	10	2,0	63 × 22 × 67	0,16	» »
4,2-САМЦ-1,0 (БГ-4,5)	4,2	1,0	—	6	0,7	—	10	2,0	102 × 37 × 81	0,4	» »
5,6-НМЦГ-22ч «Рассвет» [9]	5,6	—	22	8	—	16	75	3,8	80 × 50 × 57	0,34	Галетная
Анодные батареи											
22,5-ПМЦГ-0,5 (ГБ-22,5)	22,5	0,15	—	6	0,1	—	9 000	15	77 × 35 × 23	0,1	»
48-ПМЦГ-64ч (ГБ-45)	48	—	64	8	—	40	14 000	30	48 × 39 × 95	0,25	»
49-САМЦГ-0,25п (ГБ-СА-45) «Анод-Звук» [3]	49	0,25	100	8	0,15	70	25 000	30	80 × 25 × 100	0,25	»

Продолжение табл. 8-5

Название[1]	Начальное напряжение, в	Начальная емкость, а·ч	Продолжительность работы свежеизготовленного, ч	Гарантийная сохранность, мес.	Емкость в конце срока хранения, а·ч	Продолжительность работы в конце срока хранения, ч	Условия разряда		Длина, ширина (или диаметр) и высота не более, мм	Вес не более, кг	Конструкция элементов
							Сопротивление нагрузки, ом	Конечное напряжение, в			
66-ПМЦГ-0,1 (ГБ-60)	66	0,1	—	4	0,07	—	21 000	40	70 × 40 × 80	0,35	Галетная
67,5-АМЦГ-у-0,06 «Малыш»	67,5	0,06	10	6	—	—	10 300	48	62 × 38 × 67	0,25	»
68-АМЦ-х-0,6 (БАС-60-х-0,6)	68	0,6	—	12	0,4	—	4 680	40	174 × 112 × 50	1,3	Стаканчиковая
70-АМЦГ-у-1,3 (БАС-Г-60-у-1,3)	70	1,3	120	15	1,05	90	4 680	40	174 × 112 × 50	1,6	Галетная
70-АМЦГ-1,3 (БАС-Г-60-л-1,3)	70	1,3	120	15	1,05	90	4 680	40	174 × 112 × 50	1,6	»
70-АМЦГ-5 (БС-Г-70) «Дружба»[7]	70	5,0	120	15	3,5	80	1 000	35	155 × 155 × 215	8,5	»
75-АМЦГ-22ч «Радуга»[9]	75	—	22	8	—	16	8 000	45	95 × 40 × 70	0,36	»
80-АМЦГ-0,15 (ГБ-70)	80	0,15	—	6	—	—	30 000	50	77 × 53 × 80	0,4	»
87-ПМЦГ-0,15 (ГБ-80)	87	0,15	—	12	—	—	28 000	50	74 × 26 × 150	0,45	»
87-ПМЦГ-у-0,15	87	0,15	70	12	—	—	28 000	50	73 × 25 × 150	0,45	»
100-АМЦГ-0,7 (БАС-Г-80-л-0,8)	100	0,7	66	15	0,57	54	7 000	60	174 × 117 × 53	1,7	»
100-АМЦГ-2,0 (БАС-Г-80-л-2,1)	100	2,0	—	15	1,6	—	7 000	60	218 × 138 × 73	3,35	»
100-АМЦГ-у-2,0 (БАС-Г-80-у-2,1)	100	2,0	180	15	1,6	150	7 000	60	218 × 138 × 73	3,35	»
102-АМЦ-у-1,0 (БАС-80-у-1,0)	102	1,0	95	15	0,75	68	7 000	60	218 × 138 × 73	3,0	Стаканчиковая
102-АМЦ-х-1,0 (БАС-80-х-1,0)	102	1,0	—	15	0,7	—	7 000	60	218 × 138 × 73	3,0	То же
102-АМЦГ-1,2 (БАС-Г-90)	102	1,2	—	12	0,85	—	7 000	60	185 × 145 × 59	2,5	Галетная
120-АМЦГ-0,27 (БАС-Г-120)	120	0,27	—	6	0,2	—	8 750	56	240 × 94 × 40	1,3	»
120-ПМЦГ-0,15 (ГБ-120)	120	0,15	—	6	0,1	—	49 000	75	174 × 26 × 84	0,47	»
160-АМЦГ-0,35 (БАС-Г-160)	160	0,35	—	6	0,24	—	11 700	100	109 × 77 × 144	1,8	»

Продолжение табл. 8-5

Название [1]	Начальное напряжение, *в*	Начальная емкость, *а·ч*	Продолжительность работы свежеизготовленного, *ч*	Гарантийная сохранность, мес.	Емкость в конце срока хранения, *а·ч*	Продолжительность работы в конце срока хранения, *ч*	Условия разряда: Сопротивление нагрузки, *ом*	Условия разряда: Конечное напряжение, *в*	Длина, ширина (или диаметр) и высота не более, *мм*	Вес не более, *кг*	Конструкция элементов
Анодно-накальные и анодно-сеточные батареи (блоки питания)											
54-АСМЦГ-5п (БС-Г-60-с-8) «Энергия» [8]									225 × 85 × 235	7,5	
анодная секция	54	5	120	15	3,5	80	800	27			Галетная
сеточная секция	4	5	120	15	3,5	80	60	2,0			»
65-АНМЦ-1,3п (Тула) «Тула-Заря» [10]									125 × 120 × 190	3,5	
анодная секция	65	1,3	120	15	0,95	80	4 680	40			»
накальная секция	2,5	29,5	280	15	22	200	20	1,4			Стаканчиковая
70-АНВ-275ч «Электрон» [11]									235 × 120 × 150	5,2	
анодная секция	70	—	275	12	—	200	8 000	45			Галетная
накальная секция	5,2	—	275	12	—	200	75	3,8			Стаканчиковая
117-АНСМЦ-18ч (БАНСС-18)									116 × 52 × 140	1,2	
анодная секция	117	—	27	6	—	20	17 300	71			Галетная
накальная секция	2,95	—	18	6	—	12	17,3	2,24			Стаканчиковая

Продолжение табл. 8-5

Название[1]	Начальное напряжение, *в*	Начальная емкость, *а·ч*	Продолжительность работы свежеизготовленного, *ч*	Гарантийная сохранность, мес.	Емкость в конце срока хранения, *а·ч*	Продолжительность работы в конце срока хранения, *ч*	Условия разряда		Длина, ширина (или диаметр) и высота не более, *мм*	Вес не более, *кг*	Конструкция элементов
							Сопротивление нагрузки, *ом*	Конечное напряжение, *в*			
123-АСМЦГ-60ч (БАС-Г-120-с-0,45) «Воронеж»[6]									280 × 53 × 85	1,65	
анодная секция	123	—	60	12	—	45	9 000	65			Галетная
сеточная секция	12,8	—	60	12	—	45	940	7,0			»
Батарея для электронной фотовспышки											
330-ЭВМЦГ-1000 «Молния»	330	—	—	6	—	—	—	240	120 × 62 × 132	1,4	Галетная

[1] Первым указано название элемента или батареи по Государственному стандарту, в скобках — старое название, а в кавычках — торговое название.
[2] Элемент для цилиндрического карманного фонаря; емкость определяется в режиме непрерывного разряда током 150 *ма*.
[3] Основное назначение — питание слуховых аппаратов того же названия.
[4] Входит в комплект питания приемников «Турист» и «Малыш».
[5] Основное назначение — питание слухового аппарата «Кристалл».
[6] Основное назначение — питание приемника «Воронеж».
[7] Основное назначение — питание радиоприемника «Родина-47».
[8] Основное назначение — питание радиоприемников «Родина-52», «Искра-49» и «Новь».
[9] Основное назначение — питание приемника «Дорожный» в походном состоянии; батарея применяется так же, как анодная, для питания приемника «Турист».
[10] Основное назначение — питание приемников «Тула», «Заря» и «Луч».
[11] Основное назначение — питание радиоприемника «Дорожный» в стационарном состоянии.

сопротивление определенной величины (иногда при разряде током неизменной величины) до тех пор, пока напряжение не сделается равным заданному конечному.

Если в условиях эксплуатации элемент (батарею) разряжать меньшим током (на сопротивление большей величины), с перерывами либо до меньшего конечного напряжения, элемент (батарея) может отдать бо́льшую емкость. Однако при разряде очень малым током, т. е. в течение очень длительного времени, отдаваемая элементом (батареей) емкость будет меньше номинальной, так как в этих условиях сильнее сказывается явление саморазряда.

Превышение разрядного тока ведет к уменьшению емкости, отдаваемой элементом (батареей). При понижении температуры их емкость также снижается.

Сохранность (срок сохранности) — время со дня выпуска элемента или батареи заводом-изготовителем, в течение которого элемент или батарея, находясь в бездействующем состоянии, сохраняют свою работоспособность и после этого способны отдать определенную емкость (всегда меньше начальной).

Названия гальванических элементов и батарей

Название типа гальванического элемента или батареи согласно Государственному стандарту состоит из группы букв и двух чисел: первое число стоит до букв, а второе — после них.

Первые прописные (большие) **буквы** в группе указывают на назначение элемента или батареи:

А — батарея Анодная;
АН — батарея Анодная и Накальная;
АНС — батарея Анодная, Накальная и Сеточная;
АС — батарея Анодная и Сеточная;
Н — элемент или батарея Накальная;
П — элемент или батарея для питания Приборов различного назначения;
С — батарея Сеточная;
СА — батарея для Слухового аппарата Анодная;
СН — элемент или батарея для Слухового аппарата Накальная;
Т — элемент для Телефонной аппаратуры (применим для питания накала);
Ф — элемент или батарея Фонарная;
Э — батарея для Электронной фотовспышки.

Следующие прописные буквы в наименовании элемента или батареи указывают на их основные конструктивные данные:

ВМЦ (или В) — элемент или батарея с Воздушно-Марганцевой деполяризацией, с Цинковым катодом (катодами);

МЦ — элемент или батарея с Марганцевой деполяризацией, с Цинковым катодом (катодами), стаканчиковой конструкции;

МЦГ — то же Галетной конструкции.

После группы прописных букв в названии элемента или батареи может стоять строчная (маленькая) буква «х», указывающая, что они холодоустойчивы (работоспособны при низких отрицательных температурах) или буква «у», указывающая, что это универсальный элемент или батарея в том смысле, что их можно применять в широком диапазоне отрицатель-

ных и положительных температур. Если в наименовании нет маленькой буквы, батарея или элемент рассчитаны на применение только в нормальных температурных условиях.

Число в начале названия элемента или батареи указывает их начальное напряжение в вольтах, а число после буквенной группы — их начальную емкость в ампер-часах либо продолжительность работы, при разряде на сопротивление заданной величины до определенного конечного напряжения, в часах или минутах; в последнем случае после числа имеется соответственно буква «ч» или «м».

В названии батареи для электронной вспышки последнее число как исключение указывает гарантийное количество включений.

Числа в названии анодно-накальной, анодно-сеточной или анодно-накально-сеточной батареи характеризуют только ее анодную часть.

Если в конце названия гальванического элемента или батареи стоит буква «п», значит они имеют панельки с гнездами, к которым выведены их полюсы.

Кроме указанных условных названий, на некоторых гальванических элементах и батареях наносят их «торговые» названия («Сатурн», «Экран» и т. п.).

Пример. Батарея 70-АМЦГ-1,3 является анодной с марганцевой деполяризацией, галетной; ее начальное напряжение 70 *в*, а начальная емкость 1,3 *а·ч*; батарея не рассчитана на эксплуатацию на морозе.

8-5. АККУМУЛЯТОРЫ

Аккумулятором называется прибор, способный принимать от внешнего источника тока электрическую энергию и затем отдавать ее обратно какому-либо потребителю в течение определенного времени.

Элемент аккумулятора состоит из наполненного электролитом сосуда, в котором находятся отделенные друг от друга положительные и отрицательные пластины (см. табл. 8-6).

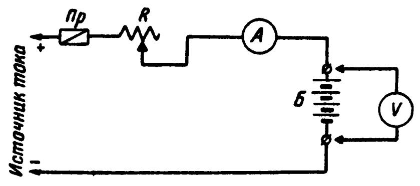


Рис. 8-8. Схема заряда аккумулятора.

Если пропустить через аккумулятор постоянный электрический ток от внешнего источника, например от выпрямителя или электрического генератора (рис. 8-8), под действием этого тока изменяется химический состав пластин. Пропускание электрического тока через аккумулятор, сопровождающееся переходом электрической энергии в химическую, называется **зарядом** аккумулятора. В результате изменения химического состава пластин аккумулятора между ними создается разность потенциалов, которая остается и после отключения аккумулятора от внешнего источника тока.

Если выводы от положительных и отрицательных пластин заряженного аккумулятора замкнуть на сопротивление (внешнюю нагрузку), то по цепи пойдет ток. Аккумулятор при этом отдает электрическую энергию во внешнюю цепь, запасенная аккумулятором химическая энергия снова преобразуется в электрическую, происходит **разряд** аккумулятора. При этом он отдает не всю энергию, затраченную на его заряд,

Таблица 8-6

Основные конструктивные и электрические характеристики аккумуляторов

	Свинцовый (кислотный)	Кадмиево-никелевый (щелочной)	Кадмиево-никелевый безламельный (щелочной)	Железо-никелевый (щелочной)	Никель-цинковый (щелочной)	Серебряно-цинковый (щелочной)
Сосуд (корпус)	Эбонитовый или пластмассовый; у батареи — общий с перегородками между элементами (моноблок)	Из листовой никелированной стали	Пластмассовый с перегородками между отдельными элементами	Из листовой никелированной стали	Пластмассовый	Пластмассовый
Положительные пластины	Перекись свинца в свинцовых решетках	Смесь водной окиси никеля с графитом в ламелях (пакетах) из листовой никелированной перфорированной стали; соединены с корпусом	Порошкообразная водная окись никеля, напрессованная на металлические рамки с последующим спеканием при высокой температуре	Смесь водной окиси никеля с графитом в ламелях (ракетах) из листовой никелированной перфорированной стали	Брикеты, спрессованные из порошка карбонильного никеля с последующим спеканием при высокой температуре (пористая металлокерамика); пропитаны гидратом закиси никеля; в капроновых чехлах	Брикеты, спрессованные из порошка восстановленной окиси серебра; в капроновых чехлах
Отрицательные пластины	Губчатый металлический свинец в свинцовых решетках	Смесь губчатого кадмия, губчатого железа и их окислов в ламелях (пакетах) из листовой перфорированной стали	Порошкообразная смесь кадмия и железа, напрессованная на стальные рамки	Смесь губчатого железа и его окислов с добавкой окиси ртути в ламелях (пакетах) из листовой перфорированной стали; соединены с корпусом	Брикеты, спрессованные из порошкообразной смеси цинка и окиси цинка; в целлофановой обертке	Брикеты, спрессованные из порошкообразной смеси цинка и окиси цинка; в целлофановой обертке*
Электролит:						
состав	Раствор серной кислоты	Раствор едкого кали с добавкой едкого лития 20 *г/л*	Раствор едкого кали с добавкой едкого лития 20 *г/л*	Раствор едкого кали с добавкой едкого лития 20 *г/л*	Раствор едкого кали с добавкой едкого лития 15 *г/л*	Раствор едкого кали с добавкой окиси цинка 80 *г/л*
плотность при заливке нового аккумулятора в	1,21—1,24 *	1,19—1,21	1,19—1,23	1,19—1,23	1,2	1,43—1,49

Продолжение табл. 8-6

	Свинцовый (кислотный)	Кадмиево-никелевый (щелочной)	Кадмиево-никелевый безламельный (щелочной)	Железо-никелевый (щелочной)	Никель-цинковый (щелочной)	Серебряно-цинковый (щелочной)
нормальных температурных условиях						
Номинальное напряжение одного элемента, *в*	2	1,25	1,25	1,25	1,6	1,5
Напряжение одного элемента в конце заряда (измеренное под током заряда), *в*	2,65—2,78	1,75—1,85	1,75—1,85	1,8—1,9	2,05—2,1	2,0—2,05
Наименьшее допустимое напряжение одного элемента в конце разряда, *в*	1,7—1,8**	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Продолжительность и ток нормального заряда	12—14 *ч* током, равным $^1/_{12}$—$^1/_{10}$ численного значения номинальной емкости	6—7 *ч* током, равным $^1/_4$ численного значения номинальной емкости	5—10 *ч* током, равным $^1/_4$—$^2/_5$ численного значения номинальной емкости **	6—7 *ч* током, равным $^1/_4$ численного значения номинальной емкости	6—7 *ч* током, равным $^1/_4$ численного значения номинальной емкости	5—6 *ч* током, равным $^1/_4$—$^1/_6$ численного значения номинальной емкости **
Нормальный ток разряда	$^1/_{10}$ численного значения номинальной емкости	$^1/_8$ численного значения номинальной емкости	$^1/_8$—$^1/_4$ численного значения номинальной емкости **	$^1/_8$ численного значения номинальной емкости	$^1/_8$ численного значения номинальной емкости	Равен численному значению номинальной емкости
Саморазряд (потеря энергии)	До 40—50% за 1 мес.	До 30% за 1 мес.	До 30% за 1 мес.	До 100% за 1 мес.	До 30% за 1 мес.	До 20% за 6 мес.
Срок службы в циклах заряд—разряд	150—300**	До 750	Примерно 150	Примерно 400	Примерно 50	Примерно 50

* Зависит от типа аккумулятора; плотность электролита полностью заряженного аккумулятора 1,24—1,28.

** Зависит от типа аккумулятора.

В начале разряда напряжение аккумулятора быстро снижается, затем в течение относительно длительного времени имеет почти неизменную величину и к концу разряда снова начинает быстро уменьшаться. Нельзя допускать разряда аккумулятора ниже определенного напряжения, которое для каждого типа аккумулятора имеет свою величину.

Электрические характеристики аккумуляторов

Номинальное напряжение аккумулятора — условная величина напряжения, близкая к величине напряжения на зажимах аккумулятора в течение большей части времени его разряда.

Номинальное напряжение батареи равно произведению номинального напряжения одного из ее элементов на число последовательно соединенных элементов (см. табл. 8-7).

Емкость аккумуляторного элемента, аккумуляторной батареи — количество электричества, которое может отдать заряженный аккумулятор (батарея), пока его напряжение не снизится до низшего допустимого предела. Емкость измеряется в ампер-часах (*а·ч*) и зависит от площади поверхности пластин каждого аккумуляторного элемента.

Номинальная емкость аккумуляторного элемента, батареи — емкость, которую завод-изготовитель аккумуляторов гарантирует при их непрерывном разряде определенным разрядным током, установленным для каждого данного типа аккумулятора (батареи) до определенного конечного напряжения.

Ток, принятый для определения номинальной емкости, называется нормальным разрядным током. Заряд аккумулятора, предшествующий разряду, во время которого должно производиться определение номинальной емкости, должен производиться так называемым нормальным зарядным током в течение определенного времени. Величина нормального зарядного тока и время заряда различны для аккумуляторов различных видов и типов.

При разряде аккумулятора током меньше нормального, если разряд начинается вскоре после окончания заряда аккумулятора, он может отдать емкость больше номинальной. Наоборот, при заряде аккумулятора током больше нормального он отдает емкость меньше номинальной. Если же аккумулятор разряжают с большими перерывами в течение длительного времени, он отдает емкость меньше номинальной даже в тех случаях, когда разрядный ток равен нормальному или меньше его. Последнее объясняется саморазрядом аккумулятора.

Названия типов аккумуляторных батарей

Название типа аккумуляторной батареи состоит из групп букв и двух чисел, первое из которых стоит до букв, а второе — после них.

Буквы определяют основные конструктивные данные и назначение аккумуляторной батареи:

А — анодная;
Н — накальная;
Ф — для фонаря;
Р — для питания радиоаппаратуры, кислотная;
МТ, МТМ — мотоциклетная, кислотная;
Д — кадмиево-никелевая, дисковая.

Таблица 8-7

Некоторые типы аккумуляторных элементов и батарей

Тип	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *а·ч*	Номинальный режим разряда		Нормальный режим заряда		Длина × ширина × высота, *мм*	Вес		Количество электролита, *л*
			Ток, *а*	Конечное напряжение, *в*	Ток, *а*	Время, *ч*		без электролита, *кг*	с электролитом, *кг*	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Аккумуляторные элементы										
РН-60	2	60	6,0	1,8	6,0	12—15	168 × 112 × 233	6,8	7,9	0,9
АКН-2,25	1,25	2,25	0,28	1,0	0,56	6	45 × 20 × 120	0,28	0,33	0,042
НКН-10	1,25	10	1,25	1,0	2,5	6	80 × 31 × 110	0,6	0,74	0,12
НКН-22, ЖН-22	1,25	22	2,75	1,0	5,5	6	105 × 32 × 200	1,41	1,73	0,27
НКН-45, ЖН-45	1,25	45	5,65	1,0	11,25	6	105 × 53 × 200	2,31	2,85	0,45
НКН-60, ЖН-60	1,25	60	7,5	1,0	15,0	6	128 × 45 × 330	3,88	4,78	0,75
НКН-100	1,25	100	12,5	1,0	25,0	6	128 × 70 × 330	5,4	6,8	1,2
Д-0,06	1,25	0,06	0,025	1,0	0,006	15	∅15 × 7	—	—	—
Д-0,2	1,25	0,2	0,15	1,0	0,025	15	∅27 × 10	—	—	—
Аккумуляторные батареи										
2РН-80	4	80	8,0	3,6	8,0	12—15	246 × 163 × 230	15,2	17,8	1,2
3МТ-7	6	7	0,7	5,1	0,7	14—16	109 × 98 × 168	2,6	2,9	0,24
3МТМ-14	6	14	1,2	5,1	1,5	14—18	142 × 98 × 189	3,4	4,0	0,5
3СТ-60	6	60	6,0	5,1	5,0	14—18	179 × 178 × 237	12,0	14,9	2,25
3СТ-70	6	70	7,0	5,1	6,5	14—18	257 × 184 × 230	14,9	19,5	2,5
3СТ-84	6	84	8,4	5,1	8,0	14—18	272 × 188 × 230	18,7	21,4	2,65

Продолжение табл. 8-7

Тип	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *а·ч*	Номинальный режим разряда: Ток, *а*	Номинальный режим разряда: Конечное напряжение, *в*	Нормальный режим заряда: Ток, *а*	Нормальный режим заряда: Время, *ч*	Длина × ширина × высота, *мм*	Вес: без электролита, *кг*	Вес: с электролитом, *кг*	Количество электролита, *л*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3СТ-98	6	98	9,8	5,1	10,0	14—18	308 × 188 × 245	19,7	24,3	3,5
3СТ-126	6	126	12,6	5,1	10,0	14—18	386 × 188 × 245	22,9	34,6	4,5
3СТ-135	6	135	13,5	5,1	10,0	14—18	335 × 180 × 240	23,0	29,3	4,75
6СТ-42	12	42	4,2	10,2	4,0	14—18	238 × 178 × 217	16,7	18,8	3,0
6СТ-54	12	54	5,4	10,2	5,0	14—18	283 × 182 × 237	19,3	24,7	3,75
6СТ-68	12	68	6,0	10,2	6,0	14—18	358 × 183 × 236	24,5	30,4	5,0
10РА-10 (10АС-12)	20	10	1,0	18,0	1,0	12—15	260 × 190 × 211	17,0	18,4	1,1
2НКН-24	2,5	24	3,0	2,0	6,0	6	120 × 60 × 178	2,45	2,85	0,5
4НКН-45м, 4ЖН-45м	5	45	5,66	4,0	11,25	6	375 × 148 × 252	12,3	14,5	1,8
4НКН-45, 4ЖН-45	5	45	5,66	4,0	11,25	6	345 × 148 × 252	11,8	14,0	1,8
4НКН-60, 4ЖН-60	5	60	7,5	4,0	15,0	6	262 × 170 × 388	19,9	23,5	3,0
4НКН-100м, 4ЖН-100м	5	100	12,5	4,0	25,0	6	374 × 178 × 388	27,4	33,0	4,8
5НКН-45, 5ЖН-45	6,25	45	5,66	5,0	11,25	6	372 × 148 × 252	14,3	17,0	2,25
5НКН-60, 5ЖН-60	6,25	60	7,5	5,0	15,0	6	315 × 170 × 388	25,4	29,0	3,75
5НКН-100м, 5ЖН-100м	6,25	100	12,5	5,0	25,0	6	459 × 178 × 388	31,3	38,5	6,0
32АКН-2,25м	40	2,25	0,28	32	0,56	6	525 × 165 × 168	12,6	14,2	1,35
64АКН-2,25	80	2,25	0,28	64	0,56	6	525 × 317 × 168	25,4	28,6	2,7
4КНБ-15	5,0	15	5,0	4,0	4,0	12	112 × 83 × 125	—	2,1	—
4КНБ-20	5,0	20	6,6	4,0	6,0	12	179 × 92 × 127	—	3,2	—

СТ — стартерная (автомобильная) кислотная;
ЖН — железо-никелевая;
КНБ — кадмиево-никелевая безламельная;
НЦ — никель-цинковая;
СЦ — серебряно-цинковая.

Число впереди буквенной группы указывает число соединенных последовательно аккумуляторных элементов, а число после буквенной группы — номинальную емкость батареи в ампер-часах.

Система наименований для одиночных аккумуляторных элементов такая же, только в наименовании нет первого числа.

8-6. ТЕРМОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРЫ

Термоэлектрическими генераторами (термоэлектрогенераторами) называют приборы, непосредственно преобразующие тепловую энергию в электрическую. Источниками тепловой энергии в термоэлектрогенераторах для питания радиоаппаратуры обычно являются керосиновые лампы или керогазы. Термоэлектрогенераторы используют вместо гальванических и аккумуляторных батарей.

Принцип действия термоэлектрогенератора

Действие термоэлектрогенератора основано на использовании термоэлектрического эффекта, сущность которого заключается в следующем. Если спаять два куска различных проводников или полупроводников (электроды) и место спая нагреть, то между свободными концами этих электродов, имеющих более низкую температуру, чем спай, возникает э. д. с. (термо-э. д. с.). При замыкании этих концов во внешней цепи появляется электрический ток. Величина термо-э. д. с. зависит от материала примененных электродов. Она тем больше, чем больше разность температур места спая и свободных концов электродов. Следовательно, для увеличения термо-э. д. с. необходимо хорошо охлаждать свободные концы электродов. Описанное устройство носит название термоэлектрического элемента (термоэлемента).

В термоэлектрогенераторах применяют батареи термоэлементов, составленные из большого количества таких электродов, так как термо-э. д. с. одиночного термоэлемента не превышает в лучшем случае нескольких десятков милливольт. Четные (нечетные) спаи батареи нагревают, а с нечетных (четных) спаев обеспечивают эффективный отвод тепла, чтобы температура последних была существенно ниже нагреваемых спаев. При соответствующем числе термоэлементов батарея может дать напряжение, достаточное для питания радиоаппаратуры.

Термоэлектрогенератор ТГК-3

В термоэлектрогенераторе ТГК-3 (рис. 8-9), предназначенном для питания радиоприемников «Родина-47», «Родина-52» или аналогичного им по потребляемой энергии, источником тепла является 20-линейная керосиновая лампа «Молния» с укороченным стеклом (стекло без верхней цилиндрической части). Внутрь стекла входит металлический нагреватель термоэлементов, имеющий форму 14-гранной призмы. Продукты горения керосиновой лампы (горячие газы) проходят через сквозные вертикальные каналы нагревателя снизу вверх и далее через вытяжную трубу.

Положительные электроды термоэлементов представляют собой параллелепипеды, изготовленные из сплава цинка с сурьмой с примесями некоторых других металлов, обладающего свойствами полупроводника. Отрицательные электроды изготовляют из константановой проволоки (сплав меди и никеля). Концы их заделаны у оснований параллелепипедов. Блоки термоэлементов расположены вертикально и плотно прижаты к граням нагревателя через слюдяные прокладки. Наружные спаи термо-

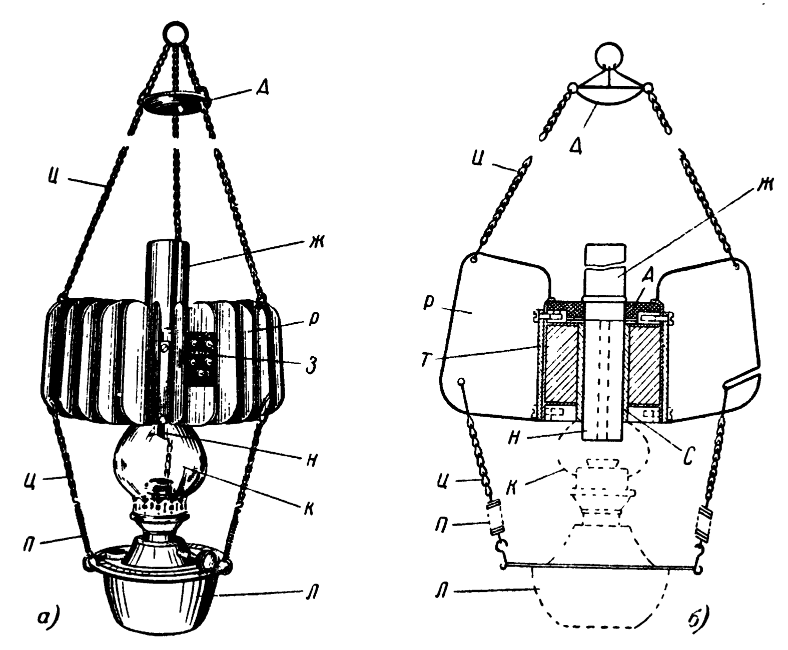


Рис. 8-9. Термоэлектрогенератор ТГК-3.
а — общий вид; *б* — схематический разрез.
А — асбестовое кольцо; *Д* — рассеивающий тепло металлический диск; *Ж* — жестяная трубка; *З* — панель с выводными зажимами термобатарей; *К* — стеклянная колба; *Л* — лампа «Молния»; *Н* — нагреватель; *П* — пружина; *Р* — радиатор; *С* — слюдяные прокладки; *Т* — термоэлементы; *Ц* — цепочка для подвески термогенератора.

элементов охлаждаются с помощью металлического радиатора с ребрами. При нормальном режиме горения лампы температура этих спаев не превышает 75—80°С, в то время как внутренние спаи нагреваются до 380°С.

Термоэлементы соединены в две батареи, выводы полюсов которых подведены к пяти зажимам на колодке, расположенной на радиаторе. Одна из батарей дает напряжение 2 *в* при токе 0,5 *а* для питания цепей накала приемника. От нее сделан отвод, что позволяет получить также напряжение 1,2 *в*. Другая батарея термоэлементов, полюса которой выведены к зажимам с надписью «Анод», дает напряжение 2 *в* при токе 1*а*. Энергия этой батареи используется для работы синхронного вибропреобразователя (см. § 8-7), входящего в комплект термоэлектрогенератора

ТГК-3. От вибропреобразователя можно получить напряжение 120 *в* при токе 8 *ма* или 90 *в* при токе 13 *ма* для питания цепей анодов и экранирующих сеток радиоприемников.

Термоэлектрогенератор ТГК-3 расходует в час 70—75 *г* керосина; одной заправки лампы хватает примерно на 10—12 *ч* работы. Срок службы термоэлектрогенератора, гарантируемый заводом-изготовителем, 4 000 *ч*.

Лампа термоэлектрогенератора используется также для освещения.

Термоэлектрогенератор ТЭГК-2-2

Конструкция термоэлектрогенератора такая же, как и термоэлектрогенератора ТГК-3. Он предназначен для питания радиоприемников «Новь», «Родина-52», «Искра», Б-2 и «Воронеж». Одна из батарей термоэлементов дает напряжение 1—1,4 *в* при токе 0,3—0,21 *а* для питания накала ламп приемника, другая, состоящая из большого числа термоэлементов, дает непосредственно, без применения вибропреобразователя, анодное напряжение 80—100 *в* при токе 10—11 *ма* и третья — напряжение смещения на управляющие сетки 8—10 *в*. Термоэлектрогенератор расходует в час 70—80 *г* керосина.

Термоэлектрогенератор ТГК-10

Термоэлектрогенератор ТГК-10 служит для питания приемно-усилительного устройства колхозного радиоузла КРУ-10. Источником тепловой энергии является керогаз.

Одна из батарей термоэлементов дает напряжение накала 1,2 *в* при токе 0,7 *а*, а вторая — напряжение 10 *в* при токе 1 *а* для вибропреобразователя, входящего в состав аппаратуры КРУ-10.

Термоэлектрогенератор ТКГ-10 расходует в час 100—105 *г* керосина.

8-7. ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

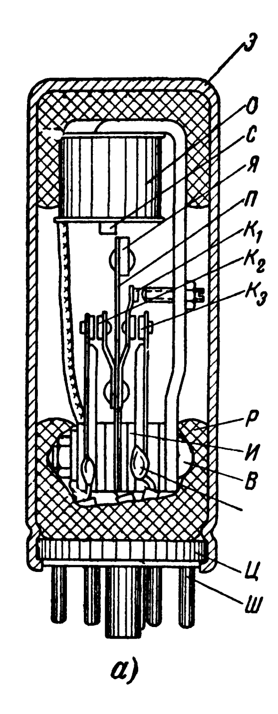
Вибропреобразователи служат для превращения постоянного тока низкого напряжения (2,4—12 *в*) от аккумуляторных, гальванических батарей или термоэлектрогенераторов в более высокие постоянные напряжения, необходимые для питания анодных цепей радиоприемников или иной радиоаппаратуры.

Вибропреобразователи разделяются на синхронные (самовыпрямляющие) и асинхронные.

Всякий вибропреобразователь состоит из электромагнитного механизма — вибратора, трансформатора с сердечником из стальных пластин, сглаживающего фильтра и фильтров, подавляющих помехи, создаваемые вибропреобразователем. В асинхронный вибропреобразователь, кроме того, входит выпрямитель на полупроводниковых диодах, селеновом столбике или кенотроне.

Вибраторы

Основными частями вибратора (рис. 8-10) являются электромагнит с якорем, который может колебаться, и система контактов. Часть этих контактов неподвижна, а другая часть расположена на якоре; последние замыкаются с неподвижными контактами или отходят от них в зависимости от положения якоря.



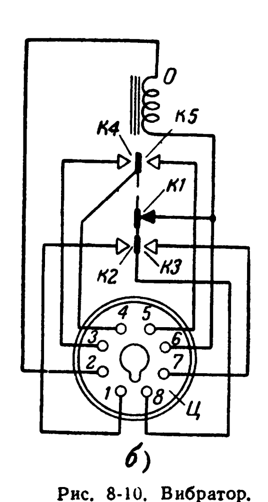


Рис. 8-10. Вибратор.

а — конструкция; *б* — схема соединений контактов и катушки с цоколем.

О — катушка с обмоткой электромагнита; *С* — сердечник электромагнита; *П* — пружина якоря; *Я* — якорь; *К1* — контакты прерывателя цепи электромагнита; *К2*, *К3*, *К4*, *К5* — рабочие контакты; *И* — изоляционные прокладки; *В* — стяжной винт; *Р* — губчатая резина; *Ц* — цоколь; *Ш* — штырек цоколя; *Э* — экран.

Выпускаются вибраторы нескольких типов. Обозначения их состоят из букв ВС и чисел, указывающих номинальные напряжения питания вибраторов.

Данные катушек электромагнитов вибраторов:

ВС-2,4: 520 витков ПЭЛ 0,38; сопротивление 2,7 *ом* ± 10%;
ВС-4,8: 350 витков ПЭЛ 0,31; сопротивление 7,0 *ом* ± 10%;
ВС-12: 2 700 витков ПЭЛ 0,18; сопротивление 70 *ом* ± 10%.

Якорь вибратора начинает колебаться при подаче на вибратор питания с напряжением не менее 75% номинального. Подавать на вибратор напряжение, превышающее номинальное более чем на 10%, не рекомендуется.

Диаметр кожуха-экрана вибратора 40 *мм*, высота 100 *мм* (вместе с октальным цоколем).

Схемы вибропреобразователей

Когда через обмотку электромагнита от батареи (или термоэлектрогенератора) идет ток, якорь вибратора колеблется с частотой около 100 *гц* вследствие периодического прерывания тока через обмотку контактами *К1*. Контакты *К2* и *К3* якоря поочередно замыкаются с неподвижными контактами, включая один из полюсов батареи поочередно то на один, то на другой конец обмотки *I* трансформатора (рис. 8-11). На среднюю точку

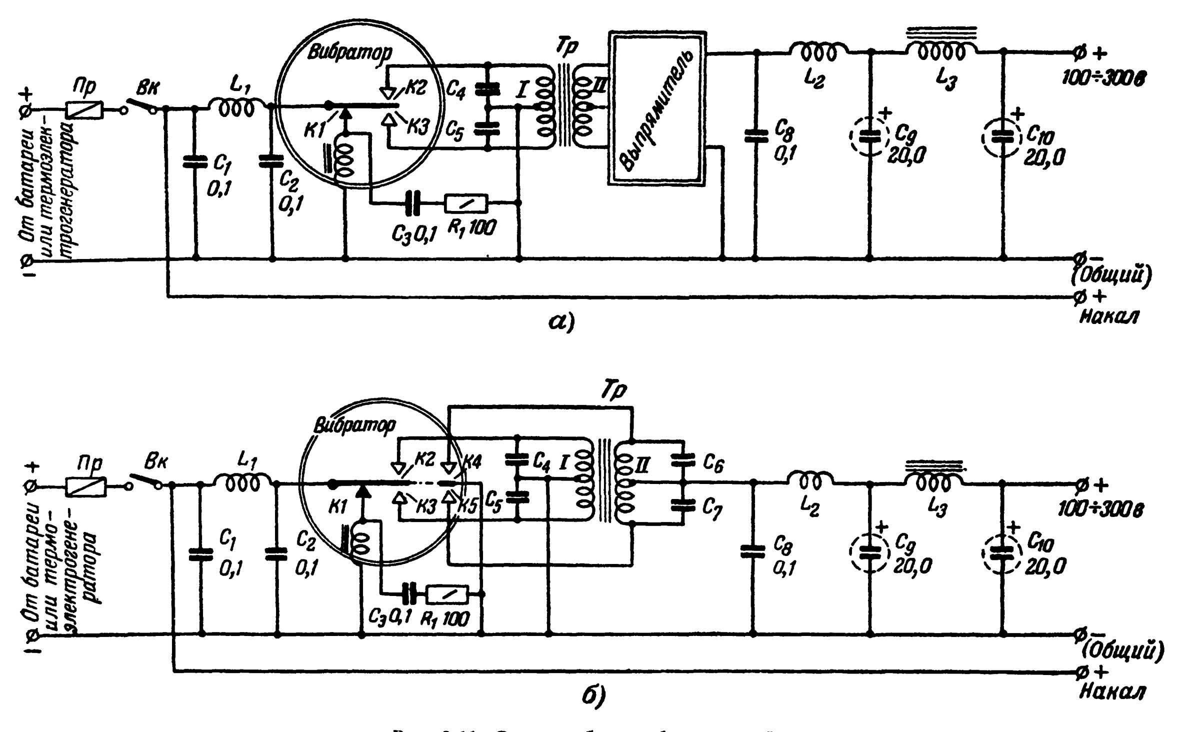


Рис. 8-11. Схемы вибропреобразователей.
а — асинхронного; *б* — синхронного.

этой обмотки постоянно включен другой полюс батареи. В результате ток от батареи поочередно проходит через половинки обмотки *I*, сердечник трансформатора перемагничивается с частотой прерывания тока и в его обмотке *II* возникает переменная э. д. с., имеющая ту же частоту.

В синхронном вибропреобразователе (рис. 8-11, *б*) концы обмотки *II* включены на вторую пару неподвижных контактов вибратора *К4* и *К5*. Поэтому его якорь в такт с переключением направления тока в обмотке *I* производит переключение конденсаторов C_8 и C_9 с одного конца обмотки *II* на другой ее конец. В результате они 2 раза за время одного полного колебания якоря получают заряды одного и того же знака от разных половин обмотки *II*.

В асинхронном вибропреобразователе (рис. 8-11, *а*) переменное напряжение обмотки *II* выпрямляется полупроводниковыми диодами, селеновым столбом или кенотроном. Накал последнего питается от той же батареи, от которой работает вибратор. Так как плюс выпрямленного напряжения получается на катоде кенотрона, последний должен иметь изолированный от нити накала подогревный катод (например, кенотрон 6Ц5С). Выпрямитель может быть выполнен по любой схеме рис. 8-1 или рис. 8-2, *в*.

Данные вибропреобразователей

Синхронный вибропреобразователь по схеме рис. 8-11, *б* с выходным напряжением 200 *в* при токе 50—60 *ма*.

Напряжение питающей батареи 5 *в*; потребляемый от батареи ток примерно 5 *а*. Вибратор типа ВС-4,8.

Трансформатор: сердечник Ш-20 × 30 или Ш-24 × 24 из электротехнической стали; обмотка *I* — 20 + 20 витков ПЭЛ 1,68; обмотка *II* — 1 550 + 1 550 витков ПЭЛ 0,19.

Дроссель сглаживающего фильтра L_3: сердечник Ш-12 × 15; обмотка 2 000 витков ПЭЛ 0,21.

Помехозащитные дроссели: L_1 — 40—50 витков ПЭЛ 1,68; намотка на каркасе диаметром 15—20 *мм*; L_2—500—550 витков ПЭЛ 0,21; намотка универсаль или многослойная на каркасе диаметром 10 *мм* со щечками.

Конденсаторы: $C_4 = C_5 = 0{,}1$ *мкф*; $C_6 = C_7 = 0{,}015$ *мкф*.

Асинхронный вибропреобразователь по схеме рис. 8-11, *а* с выходным напряжением 100—120 *в* при токе 10—15 *ма*. Напряжение питающей батареи 5 *в*, потребляемый от батареи ток примерно 2 *а*. Вибратор ВС-4,8.

Трансформатор: сердечник Ш-20 × 30 или Ш-24 × 24; обмотка *I* — 50 + 50 витков ПЭЛ 1,25; обмотка *II* — 1 800 витков ПЭЛ 0,25.

Дроссель сглаживающего фильтра L_3: сердечник Ш-12 × 16, обмотка 3 000 витков ПЭЛ 0,12—0,15.

Выпрямитель по мостовой схеме (рис. 8-1, *в*) на четырех германиевых диодах ДГ-Ц25.

Помехозащитные дроссели и все конденсаторы такие же, как в синхронном вибропреобразователе.

Асинхронный вибропреобразователь по схеме рис. 8-11, *а* с выходным напряжением 250—270 *в* при токе 50—60 *ма*. Напряжение питающей батареи 5 *в*, потребляемый от батареи ток примерно 4 *а*. Вибратор типа ВС-4, 8.

Трансформатор: сердечник Ш-25 × 30 или Ш-28 × Ш-28; обмотка *I* — 38 + 38 витков ПЭЛ 1,56; обмотка *II* — 2 400 витков ПЭЛ 0,27.

Дроссель сглаживающего фильтра: сердечник Ш-20 × 20; обмотка 3 000 витков ПЭЛ 0,21.

Выпрямитель по мостовой схеме (рис. 8-1, *в*) на четырех германиевых диодах Д7Ж.

Помехозащитные дроссели и все конденсаторы такие же, как в синхронном вибропреобразователе.

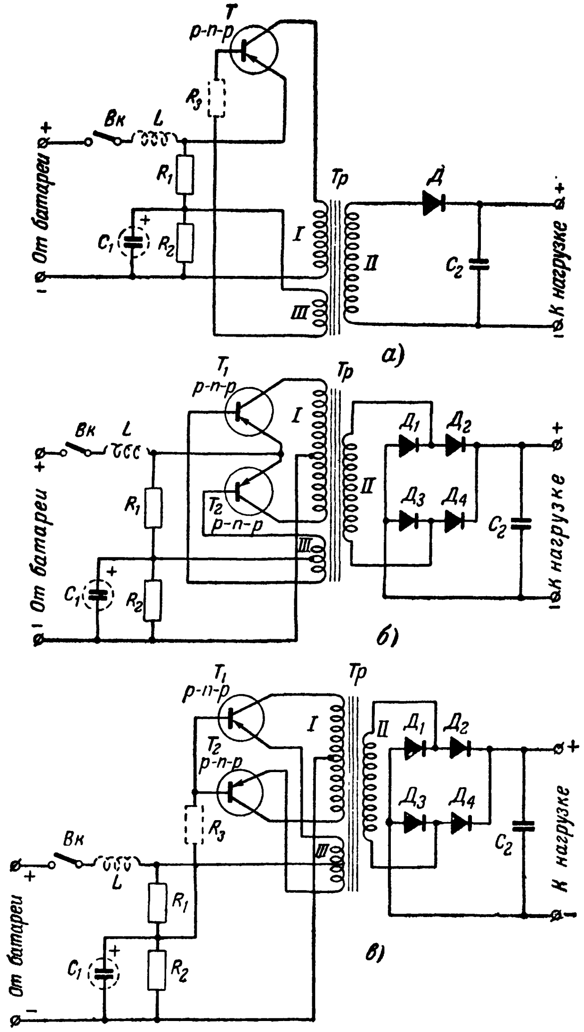


Рис. 8-12. Схемы преобразователей постоянного напряжения на полупроводниковых приборах.

а — с однотактным генератором и однополупериодным выпрямителем; *б*, *в* — с двухтактным генератором и выпрямителем по мостовой схеме.

Таблица 8-8

Преобразователи на полупроводниковых приборах по схеме рис. 8-12, *б**

Типы транзисторов	П3Б				П3А	П4А	
Напряжение батареи, *в*	1,4	2,4	6,0	12	6	12	12
Выходное напряжение, *в*	70—80				90—100	230—250	220—240
Выходной ток, *ма*	10—15				10—12	45—60	45—60
Трансформатор							
Материал сердечника	Электротехническая сталь				Электротехническая сталь	Феррит Ф-2000	Электротехническая сталь
Размер сердечника	Ш12×12 или Ш16×16				Ш10×15	Ш7×7	Ш9×18
Число витков обмотки *I*	33+33				75+75	59+59	49+49
Провод обмотки *I*	ПЭЛ 0,35				ПЭЛ 0,51	ПЭЛ 0,49	ПЭЛ 0,6
Число витков обмотки *II*	2 600	1 400	540	270	1 450	1 230	1 080
Провод обмотки *II*	ПЭЛ 0,12	ПЭЛ 0,12	ПЭЛ 0,12	ПЭЛ 0,12	ПЭЛ 0,12	ПЭЛ 0,15	ПЭЛ 0,18
Число витков обмотки *III*	15+15	10+10	10+10	7+7	20+20	12+12	24+24
Провод обмотки *III*	ПЭЛ 0,15	ПЭЛ 0,15	ПЭЛ 0,15	ПЭЛ 0,15	ПЭЛ 0,12	ПЭЛ 0,25	ПЭЛ 0,25
Конденсаторы:							
C_2, *мкф*	30—50				30—50	2—4	30—50
C_1, *мкф*	30—100				50—100	30—50	30—50
Сопротивления:							
R_1, *ом*	470—510				27—33	12—15	12—15
R_2, *ом*	2 700—3 300				470—510	1 000—1 200	1 000—1 200
Диоды:							
тип	ДГ-Ц24 или Д7Г				ДГ-Ц25	ДГ-Ц27	ДГ-Ц27
общее количество	4				4	4	4

* По материалам журнала «Радио».

8-8. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ

Преобразователи постоянного напряжения на полупроводниковых приборах служат для получения от гальванических или аккумуляторных батарей низкого напряжения (например, 1,5—12 *в*) более высоких напряжений, необходимых для питания цепей анодов и экранирующих сеток радиоаппаратуры с электронными лампами.

Такой преобразователь состоит из генератора переменного тока на одном или двух транзисторах, питаемого от батареи низкого напряжения, и выпрямителя на полупроводниковых диодах (рис. 8-12). Переменное напряжение на диоды подается с вторичной обмотки *II* трансформатора *Тр* генератора.

При использовании трансформатора с сердечником из листовой электротехнической стали частота генератора имеет порядок сотен герц, а при трансформаторе с ферритовым сердечником — порядка тысяч герц.

В последнем случае дроссельно-емкостного или реостатно-емкостного сглаживающего фильтра обычно не требуется, так как достаточное сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения обеспечивается конденсатором C_2, который заряжается импульсами постоянного тока, проходящими через диоды.

Выпрямитель преобразователя может быть собран по любой схеме рис. 8-1. Наибольшее практическое применение имеет схема рис. 8-1,*б*.

При частоте генератора порядка сотен герц в схему преобразователя при необходимости может быть добавлен сглаживающий дроссельно-емкостный или реостатно-емкостный фильтр, такой же, как в выпрямителях, питаемых от электросети (рис. 8-1).

Помехозащитные дроссели могут быть такими же, как и в схемах вибропреобразователей (см. § 8-7).

РАЗДЕЛ ДЕВЯТЫЙ

ИЗМЕРЕНИЯ И ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

9-1. ВИДЫ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

В радиоизмерительной технике используются самые разнообразные измерительные приборы, которые по роду измеряемой величины можно подразделить на следующие: вольтметры — для измерения напряжения; амперметры, миллиамперметры и микроамперметры — для измерения тока; омметры — для измерения сопротивления. В радиолюбительской практике широко распространены ампервольтомметры, называемые также сокращенно авометрами (название это образуется из слов: амперметр, вольтметр, омметр). Это комбинированные измерительные приборы, позволяющие измерять: 1) величину постоянного тока; 2) постоянные и переменные напряжения; 3) электрические сопротивления. Отсчет всех измеряемых величин производится по шкале стрелочного прибора.

Для налаживания радиоаппаратуры применяются различные генераторы — приборы, вырабатывающие напряжение низкой или высокой частоты; осциллографы, на экранах которых можно видеть форму электрических колебаний, а также приборы для измерения индуктивности катушек, емкости конденсаторов, параметров электронных ламп и т. д.

Основным элементом большей части приборов является измерительный механизм со стрелочным указателем: микроамперметр или миллиамперметр. Измерительные приборы (вольтметры, омметры и др.), в которых отсчет измеряемой величины производится по шкале по отклонению стрелки, характеризуются: 1) током полного отклонения I_0, при котором стрелка прибора отклоняется на всю шкалу (радиолюбители вместо «ток полного отклонения» иногда говорят «чувствительность») и 2) внутренним сопротивлением R_0.

9-2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Предел измерения. Это наибольшее значение величины, которое может быть измерено данным прибором — наибольшее число на его шкале. Другими словами, предел измерения есть значение измеряемой величины, при которой стрелка прибора отклоняется на всю шкалу. Ампервольтомметры — это многопредельные приборы, их пределы измерения можно менять электрическим путем, например путем переключения добавочных сопротивлений.

Цена деления. Деления на шкале прибора наносятся в значениях той величины, для измерения которой предназначен данный прибор.

Расстояния между соседними делениями могут быть либо одинаковыми по всей шкале (равномерная шкала), либо неодинаковыми (неравномерная шкала). Каждому промежутку между двумя соседними делениями на шкале соответствует определенное значение измеряемой величины, называемое ценой деления. Так, если шкала прибора равномерна, предел его измерения 100 *ма* и на шкале имеется 50 делений, то цена деления равна 100 : 50 = 2 *ма*. Чем меньше цена деления, т. е. чем больше делений имеет шкала при данном пределе измерения, тем более точно можно произвести отсчет измеряемой величины.

При пользовании многопредельными приборами нужно помнить, что цена деления шкалы прибора изменяется при переходе от одного предела измерения к другому. Цена деления при этом изменяется во столько же раз, во сколько раз изменяется предел измерения.

Классы точности. По точности измерения приборы делятся на семь классов: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 и 4.

Номер класса показывает наибольшую ошибку измерения, выраженную в процентах от наибольшего показания шкалы прибора. Например, вольтметр класса 1,0 со шкалой 250 *в* может давать ошибку в любом месте рабочей части шкалы до ±1% от 250 *в*, т. е. ±2,5 *в*; иначе говоря, прибор может давать показания, завышенные или заниженные на 2,5 *в*.

Такая ошибка может получиться как при измерении напряжения 250 *в*, так и 25 *в*. В первом случае ошибка будет ±1%, а во втором случае ±10%. Поэтому для повышения точности измерения надо выбирать пределы измерения так, чтобы при данном значении измеряемой величины стрелка отклонялась на возможно бóльшую часть шкалы.

9-3. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ШКАЛАХ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Прежде чем приступить к выполнению того или иного измерения, необходимо сначала внимательно ознакомиться с прибором. На шкале прибора, кроме делений, цифр и букв, обозначающих сокращенно вольты

Таблица 9-1

Условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов

Система прибора	Условное обозначение	Техническая характеристика	Условное обозначение
Магнитоэлектрическая		Класс точности прибора (например, 2,0)	2,0
Электромагнитная		Изоляция прибора испытана напряжением (например, 2 *кв*)	2 *кв*
Электродинамическая		Прибор для включения в цепь постоянного тока	—
Тепловая		Прибор для включения в цепь переменного тока	~
Термоэлектрическая		Прибор для включения в цепь постоянного или переменного тока	≅
Электростатическая		Рабочее положение прибора вертикальное	↑
Детекторная		Рабочее положение прибора горизонтальное	→

миллиамперы или другие единицы, имеются еще условные обозначения (см. табл. 9-1).

У зажимов приборов, предназначенных только для измерения в цепях постоянного тока, имеются знаки плюс и минус (или только плюс).

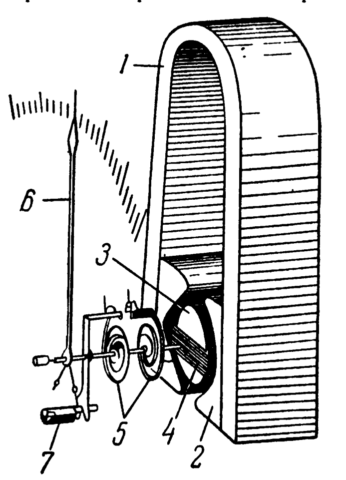
При включении прибора обязательно соблюдение указанной полярности, иначе стрелка прибора отклонится в противоположную сторону и может погнуться.

Перед измерением стрелку прибора необходимо установить на нулевое деление шкалы, вращая с помощью отвертки корректор, который обычно располагается на корпусе прибора ниже середины шкалы.

9-4. УСТРОЙСТВО СТРЕЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Магнитоэлектрический прибор (рис. 9-1)

В поле постоянного магнита *1* с полюсными наконечниками *2* на цилиндре *3* из мягкой стали помещена подвижная катушка *4* в виде рамки из изолированного провода, по которой проходит измеряемый ток. К рамке прикреплена стрелка *6*. Ток к рамке подводится с помощью двух спиральных пружин *5*. В результате взаимодействия магнитных полей постоянного магнита и катушки она стремится повернуться вокруг своей оси. Повороту оси препятствуют спиральные пружины. Действие



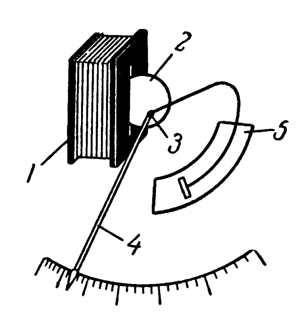


Рис. 9-1. Устройство электроизмерительных приборов
Слева — прибора магнитоэлектрической системы, справа — прибора электромагнитной системы.

магнитного поля катушки преодолевает усилие пружин, в результате чего катушка поворачивается на угол, величина которого прямо пропорциональна величине измеряемого тока. Полное отклонение стрелки *6* получается при токе от 25—50 *мка* (у наиболее чувствительных приборов) до 1—10 *ма*; сопротивление обмотки рамки лежит в пределах от 100 до 2 000 *ом*. Шкала у магнитоэлектрических приборов равномерная. Магнитоэлектрические приборы обеспечивают наиболее высокую точность измерения. Они пригодны только для измерения в цепях постоянного тока.

Установка стрелки на нулевое деление шкалы производится корректором *7*.

Электромагнитный прибор (рис. 9-1)

Приборы этой системы имеют неподвижную катушку *1* и подвижный сердечник *2* из мягкой стали, укрепленный на оси *3*. При прохождении по обмотке катушки тока ее магнитное поле намагничивает сердечник и втягивает его в катушку. Чем больше ток, тем сильнее втягивается сердечник и на больший угол поворачивается стрелка прибора. Полное отклонение стрелки прибора происходит при токе от 5 до 20 *ма*; сопротивление обмотки лежит в пределах 50—200 *ом*. Чтобы стрелка не колебалась после отклонения, в приборе применяется воздушный успокоитель (демпфер) *5*, состоящий из трубки, в которой передвигается поршень, соединенный со стрелкой. Шкала прибора неравномерная: сжатая в начале и растянутая в конце. Электромагнитные приборы пригодны для измерения как постоянного, так и переменного тока низкой частоты.

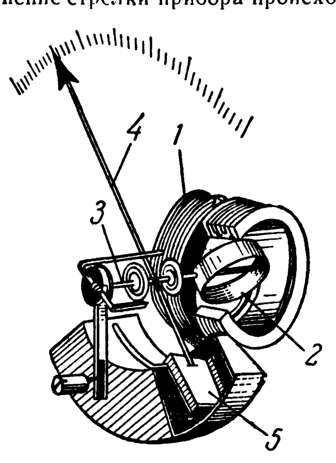


Рис. 9-1 а. Прибор электродинамической системы.

Электродинамический прибор (рис. 9-1 а)

Прибор состоит из двух катушек: неподвижной *1* и подвижной *2*. Измеряемый ток проходит по обмоткам обеих катушек. В результате взаимодействия магнитных полей катушек подвижная катушка поворачивается вокруг своей оси *3* и поворачивает укрепленную на ней стрелку *4*. Полное отклонение стрелки происходит при токе от 5 до 25 *ма*. Шкала прибора неравномерная — сжатая в начале и растянутая в конце. Приборы этой системы могут работать в цепях постоянного и переменного тока низкой частоты. Прибор имеет воздушный успокоитель *5*.

Прибор термоэлектрической системы (рис. 9-2)

Это магнитоэлектрические приборы с термопреобразователем (термопарой). Термопара выполнена из двух различных металлов *1* и *2*, спаянных в точке *3*. Если место спая нагреть, то в цепи термопары появится термоток. Измеряемый ток пропускается по подогревателю *4* в виде металлической нити и нагревает его, что вызывает появление термотока и отклонение стрелки магнитоэлектрического прибора *5*. Термоэлектрические приборы применяются для измерения переменного тока низких и высоких частот от 50 *ма* до 2—10 *а*.

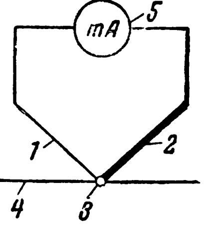


Рис. 9-2. Устройство электроизмерительного прибора термоэлектрической системы.

Прибор выпрямительной (детекторной) системы (рис. 9-3)

Это магнитоэлектрический прибор с полупроводниковым выпрямителем; служит для измерения токов и напряжений НЧ.

В выпрямителях используются купроксные или германиевые точечные диоды (Д2, ДГ-Ц). Наиболее распространены приборы, выполненные по схемам рис. 9-3, *б* и *в*. Чувствительность приборов, выполненных по

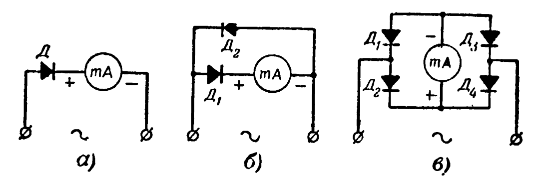


Рис. 9-3. Схемы электроизмерительных приборов выпрямительной системы.
а и *б* — однополупериодные; *в* — двухполупериодная мостовая.

схемам рис. 9-3, *а* и *б*, примерно в 2,5—3 раза меньше, чем чувствительность примененных стрелочных магнитоэлектрических приборов, и в 1,25—1,5 раза меньше для схемы рис. 9-3, *в*.

Ламповый вольтметр

Состоит из выпрямителя на ламповом диоде и магнитоэлектрического микроамперметра (или микроамперметра). Более распространены ламповые вольтметры, использующие не только выпрямительные, но и усилительные свойства электронной лампы. Ламповые вольтметры имеют следующие основные достоинства: 1) входное сопротивление их 10—50 *Мом* и, как правило, мало изменяется на всех пределах измерения; 2) позволяют измерять напряжение ВЧ до 100 *Мгц*, а иногда и выше.

9-5. ИЗМЕРЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ТОКА

Данные наиболее распространенных микроамперметров и миллиамперметров промышленного изготовления приведены в табл. 9-2, а их общий вид — на рис. 9-4.

При измерении тока в какой-либо цепи миллиамперметр (микроамперметр, амперметр) включается в эту цепь последовательно (рис. 9-5, *а*). Его сопротивление должно быть во много раз меньше сопротивления цепи, в которой проводится измерение, иначе ток в цепи при включении прибора уменьшится.

Шунты

Для измерения токов, бо́льших, чем ток полного отклонения миллиамперметра (микроамперметра), параллельно ему включается сопротивление $R_ш$, называемое шунтом (рис. 9-5, *б*). При этом через прибор течет не весь измеряемый ток I, а только часть его I_0. Она тем меньше, чем меньше сопротивление шунта по сравнению с сопротивлением амперметра. Зная, какая часть общего тока проходит через прибор (при данном сопротивлении шунта) и измеряя эту часть тока миллиамперметром, можно определить и весь ток в цепи.

Таблица 9-2

Данные микроамперметров и миллиамперметров

Тип прибора	Внешний вид по рис. 9-4	Размер по фасаду, *мм*	Ток полного отклонения I_0, *ма*	Сопротивление рамки R_0, *ом*	Класс точности
М-4-2*	*а*	83 × 83	1 5 10	75 15 7,5	2,5
М-5-2	*а*	63 × 63	1 5 10	75 15 7,5	2,5
М-20	*а*	63 × 63	1	350	2,5
М-24	*б*	126 × 106	0,1 0,15 0,2 0,3	3 000 850 900 900	1; 1,5; 2,5
М-49	*а*	83 × 83	0,2 0,3 0,5	700 350 350	2,5
М-61	*а*	43 × 43	5 10	15 7,5	4
М-494	*а*	83 × 83	0,5 0,1	2 000 700	2,5
ПМ-70	*в*	76 × 76	3 5 10	25 15 7,5	1,5
ИТ	*г*	83 × 100	0,15	1 500	1,5

* Миллиамперметры М-4-4 имеют такие же данные, но выполнены в прямоугольных корпусах.

Рис. 9-4. Внешние виды миллиамперметров и микроамперметров промышленного изготовления.

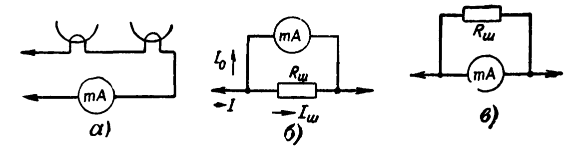


Рис. 9-5. Схемы включения миллиамперметра.
а — без шунта; *б* — с шунтом правильная; *в* — с шунтом неправильная.

Часто приборы снабжаются набором шунтов. Переключая их, с помощью одного и того же прибора можно измерять как малые, так и большие токи.

Сопротивление шунта вычисляют по формуле

$$R_ш = \frac{R_0}{n-1}, \qquad (9\text{-}1)$$

где $R_ш$ — сопротивление шунта, *ом*;

R_0 — сопротивление миллиамперметра, *ом*;

n — число, показывающее, во сколько раз увеличивается предел измерения.

Пример. Имеется миллиамперметр с током полного отклонения 20 *ма* и сопротивлением рамки 10 *ом*. Нужно увеличить предел измерения до 100 *ма*. Сопротивление шунта должно быть такой величины, чтобы при токе в цепи 100 *ма* ток через миллиамперметр был 20 *ма*. Следовательно, через шунт должен протекать ток 100—20 = 80 *ма*, или в 4 раза больший, чем через амперметр. А для этого необходимо, чтобы сопротивление шунта было в 4 раза меньше сопротивления миллиамперметра, т. е. 10 : 4 = = 2,5 *ом*. Этот же результат получим при вычислении по формуле (9-1).

Так как сопротивление шунта значительно меньше сопротивления миллиамперметра, то шунт надо подключать так, чтобы сопротивление соединительных проводов не добавлялось к сопротивлению шунта. Не шунт должен подключаться к прибору (рис. 9-5, *в*), а прибор к шунту (рис. 9-5, *б*). Это правило необходимо соблюдать еще потому, что при неправильном включении шунта, если он случайно отсоединится от прибора, весь ток пойдет через прибор и выведет его из строя. Во избежание порчи многопредельного измерительного прибора при измерении в цепи с неизвестной силой тока сначала прибор должен быть включен на самый большой предел измерения.

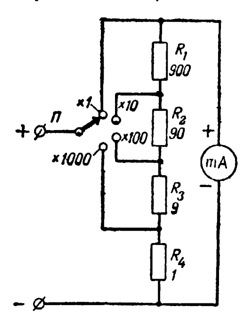


Рис. 9-6. Схема универсального шунта.

Универсальный шунт

В комбинированных радиолюбительских измерительных приборах наиболее часто используется схема так называемого универсального шунта.

Основное преимущество универсального шунта заключается в том, что этот шунт, будучи подключен к миллиамперметрам различной чувствительности, изменяет их пределы измерения в одинаковое число раз (при условии, что внутреннее сопротивление миллиамперметра меньше сопротивления универсального шунта). Универсальный шунт, схема которого показана на рис. 9-6, позволяет увеличить предел измерения любого миллиамперметра в 10, 100 и 1 000 раз. Например, имея миллиамперметр с пределом измерения 5 *ма* и применяя универсальный шунт, получаем возможность измерять токи до 5, 50, 500 и 5 000 *ма* (5 *а*).

Для определения тока, измеряемого прибором с шунтом, необходимо показания миллиамперметра умножить на цифру, соответствующую данному положению переключателя *П*. Например, если при установке переключателя *П* в положение «×100» миллиамперметр показывает ток 0,5 *ма*, измеряемый ток равен 0,5 × 100 = 50 *ма*.

Конструкция шунтов

Шунты выполняются из проводов с высоким сопротивлением: манганина, никелина или константана. Величина сопротивления шунта должна по возможности меньше зависеть от температуры. Если провод имеет изоляцию, то шунт наматывается на каркас из какого-либо изоляционного материала. Неизолированный провод наматывают на пластинку, трубку или стержень из изоляционного материала с интервалами между соседними витками. Часто в качестве каркасов для намотки небольших

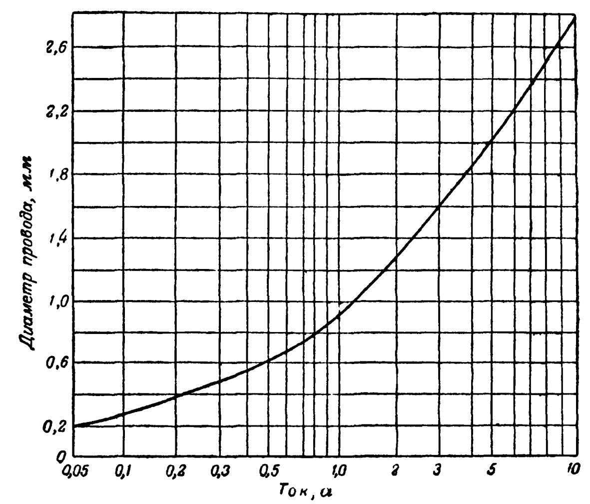


Рис. 9-7. График для расчета диаметра провода шунта в зависимости от силы тока через него.

по размеру шунтов используются сопротивления ВС, к выводам которых подпаиваются концы шунтов. Величина сопротивления, используемого в качестве каркаса, должна быть по крайней мере в 50—100 раз больше сопротивления шунта. Шунты из толстого провода выполняются в виде спиралей без всякого каркаса. Сечение провода для шунта выбирается так, чтобы плотность тока в нем не превышала 1—1,5 *а/мм²*. При большей плотности тока шунт будет нагреваться и его сопротивление будет изменяться. Минимально необходимый диаметр провода в зависимости от силы тока в шунте можно определить по графику рис. 9-7.

В табл. 9-3 и 9-4 приведены данные универсальных шунтов для миллиамперметров с пределами измерения 1 и 5 *ма*.

9-6. ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ

Измерение постоянных напряжений

Вольтметр для измерения постоянных напряжений представляет собой микроамперметр или миллиамперметр магнитоэлектрической системы, последовательно с которым включено добавочное сопротивление $R_д$ (рис. 9-8, *б*).

Таблица 9-3

Длины проводов, необходимых для изготовления секций универсального шунта к миллиамперметру с пределом измерения 1 *ма*

Сопротивление секций	1 *ом*			9 *ом*			90 *ом*			900 *ом*		
Диаметр провода, *мм*	1,0	1,2	1,5	0,3	0,35	0,4	0,1	0,15	0,3	0,05	0,08	0,1
Никелин	1,96	2,83	4,42	1,59	2,17	2,83	1,76	3,98	7,06	4,41	11,4	17,6
Манганин	1,83	2,63	4,12	1,48	2,02	2,63	1,64	3,7	6,58	4,09	10,5	16,4
Константан	1,6	2,31	3,61	1,29	1,77	2,31	1,44	3,25	5,76	3,6	9,25	14,4
Медь	—	—	—	—	—	—	40,3	90,5	161	101	258	40

Таблица 9-4

Длины проводов, необходимых для намотки секций универсального шунта к миллиамперметру с пределом измерения 5 *ма*

Сопротивление секций	1 *ом*			9 *ом*			90 *ом*			900 *ом*		
Диаметр провода, *мм*	1,8	2,0	2,5	0,7	0,8	0,9	0,2	0,25	0,3	0,08	0,1	0,15
Никель	6,37	7,85	12,3	8,65	11,3	14,3	7,06	11,1	15,9	11,35	17,6	39,8
Манганин	5,93	7,30	11,4	0,04	10,5	13,4	6,58	10,3	14,8	10,5	16,4	37,0
Константан	5,20	6,41	10,0	7,20	9,32	11,7	5,76	9,0	12,9	9,25	14,4	32,5
Медь	—	—	—	—	—	—	161	252	—	258	403	—

Величина добавочного сопротивления выбирается такой, чтобы при выбранном пределе измерения напряжения стрелка миллиамперметра отклонялась на последнее деление шкалы. Величину добавочного сопротивления в килоомах определяют по формуле

$$R_д = \frac{U_x}{I_0}, \qquad (9\text{-}2)$$

где U_x — выбранный предел измерения, *в*;

I_0 — ток полного отклонения миллиамперметра, *ма*.

Так как величина $R_д$ обычно больше сопротивления рамки миллиамперметра, то при расчете можно сопротивление рамки не учитывать.

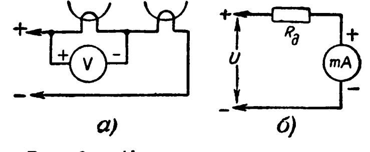


Рис. 9-8. Измерение напряжения.

а — включение вольтметра для измерения напряжения накала электронной лампы; *б* — включение добавочного сопротивления последовательно с милли амперметром превращает его в вольтметр.

Пример. Рассчитать величину добавочного сопротивления к миллиамперметру с полным током отклонения 1 *ма*, чтобы получить вольтметр с пределом измерения 500 *в*. При этом

$$R_д = \frac{500}{1} = 500 \text{ ком}.$$

Включая добавочные сопротивления различной величины, можно превратить миллиамперметр в многопредельный вольтметр (рис. 9-9). В схеме рис. 9-9, *а* для каждого предела измерения используется отдельное добавочное сопротивление. В схеме рис. 9-9, *б* добавочные сопротивления, применяемые при измерении меньших напряжений, используются как части добавочных сопротивлений при измерении больших напряжений.

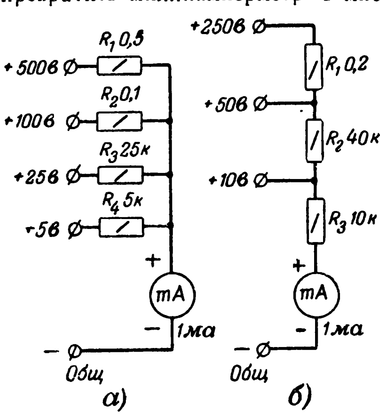


Рис. 9-9. Схемы многопредельных вольтметров постоянного напряжения.

Входное сопротивление вольтметра. При подключении вольтметра к участку цепи для измерения напряжения вольтметр не должен заметно изменять режима этой цепи. Поэтому входное сопротивление вольтметра должно быть много больше сопротивления участка, к которому подключается вольтметр. Входное сопротивление вольтметра численно равно величине добавочного сопротивления на данном пределе измерения. Входное сопротивление удобно оценивать величиной его, отнесенной к одному вольту шкалы, так как эта величина не зависит от предела измерения, а определяется только чувствительностью примененного в вольтметре миллиамперметра. Чем чувствительнее миллиамперметр, тем больше омов на вольт имеет вольтметр. Входное сопротивление применяемых на практике вольтметров 1 000—20 000 *ом/в*. Величины сопротивления на вольт шкалы вольтметра, а также входные сопротивления вольтметров на различных пределах измерения приведены в табл 9-5.

Таблица 9-5

Количество ом на 1 *в* и внутреннее сопротивление вольтметра в зависимости от предела измерения и примененного в нем стрелочного прибора

Предел измерения прибора по току	Внутреннее сопротивление вольтметра, *ком*, со шкалой на											
	1 *в*	1,5 *в*	3 *в*	5 *в*	10 *в*	15 *в*	30 *в*	50 *в*	100 *в*	150 *в*	300 *в*	500 *в*
50 *мка*	20	30	60	100	200	300	600	1 000	2 000	3 000	6 000	10 000
100 *мка*	10	15	30	50	100	150	300	500	1 000	1 500	3 000	5 000
200 *мка*	5	7,5	15	25	50	75	150	250	500	750	1 500	2 500
300 *мка*	3,33	5,0	10	16,5	33,3	50	100	165	333	500	1 000	1 666
500 *мка*	2	3	6	10	20	30	60	100	200	300	600	1 000
1 *ма*	1	1,5	3	5	10	15	30	50	100	150	300	500
1,5 *ма*	0,666	1,0	2,0	3,33	6,66	10	20	33,3	66,6	100	200	333
3 *ма*	0,333	0,5	1,0	1,66	3,33	5,0	10,0	16,6	33,3	50,0	100	166,6
5 *ма*	0,2	0,3	0,6	1,0	2,0	3,0	6,0	10,0	20,0	30,0	60,0	100,0
7,5 *ма*	0,133	0,2	0,4	0,666	1,33	2,0	4,0	6,66	13,3	20,0	40,0	66,6

Измерение переменных напряжений

Для измерения переменных напряжений НЧ в схему вольтметра постоянного напряжения нужно добавить выпрямитель, который преобразует переменный ток в постоянный (точнее пульсирующий). В выпрямителе используются купроксные или полупроводниковые диоды ДГ-Ц, Д2. Схема с одним диодом (рис. 9-10, *а*) может использоваться лишь для измерения напряжений с амплитудами, которые не превышают предельно допустимого обратного напряжения примененного диода (см. стр. 433). Схемы рис. 9-10, *б* и *в* пригодны для измерения напряжения любой величины. Мостовая схема (рис. 9-10, *в*) применяется более часто, так как входное сопротивление вольтметра по этой схеме примерно в 2 раза выше, чем вольтметров по схемам рис. 9-10, *а* и *б*.

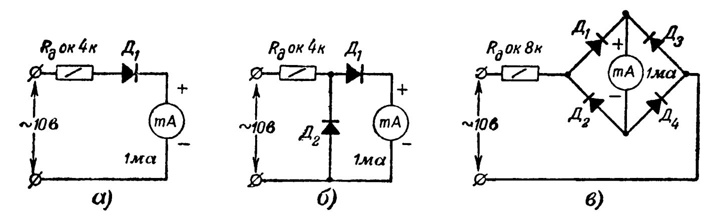


Рис. 9-10. Схемы вольтметров для измерения переменного напряжения. *а* и *б* — с однополупериодным выпрямителем; *в* — с двухполупериодным выпрямителем по мостовой схеме.

Ориентировочный расчет добавочных сопротивлений $R_д$ производят по формуле (9-2), но полученные величины сопротивлений уменьшают в 2,5—3 раза для схем рис. 9-10, *а—б* и в 1,25—1,5 раза для схемы рис. 9-10, *в*. Практически необходимые величины $R_д$ приходится подбирать опытным путем при градуировке вольтметра.

Пример. Рассчитать величину добавочного сопротивления для вольтметра по схеме рис. 9-10, *в* с пределом измерения 250 *в*. Имеется миллиамперметр с током полного отклонения 0,5 *ма*.

Определяем величины добавочного сопротивления по формуле (9-2):

$$R_д = \frac{250}{0,5} = 500 \text{ ком}.$$

Делим полученную величину на 1,5 и получаем:

$$R_д = \frac{500}{1,5} \approx 330 \text{ ком}.$$

Конструкция добавочных сопротивлений

В радиолюбительских приборах в качестве добавочных сопротивлений используются сопротивления ВС или МЛТ мощностью 1—2 *вт* и с предельно допустимым отклонением от номинала не более ±5%. Желательно применение сопротивлений УЛИ, МГП и БЛП. Падение напряжения на одном таком сопротивлении должно быть не более 160—

200 *в*. Поэтому для пределов измерения выше 150—200 *в* добавочное сопротивление выполняется из нескольких сопротивлений ВС или МЛТ (УЛИ, МГП, БЛП), соединенных последовательно.

9-7. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ ОММЕТРАМИ

Схемы омметров (рис. 9-11)

В схеме рис. 9-11, *а* измеряемое сопротивление включается через зажимы R_x в цепь источника тока $Б_1$ последовательно с магнитоэлектрическим миллиамперметром и сопротивлениями R_1 и R_2. Если замкнуть накоротко зажимы R_x, то в цепи потечет ток и стрелка прибора отклонится. Изменяя величину сопротивления R_2 (сопротивление установки нуля омметра), устанавливаем стрелку прибора на крайнее правое деление шкалы, которое соответствует измеряемому сопротивлению, равному нулю. Таким образом, у омметра нуль на шкале не слева, а справа. При разомкнутых зажимах R_x стрелка прибора находится в крайнем левом положении шкалы, так как тока через прибор нет. Это соответствует бесконечно большому сопротивлению, отмечаемому на шкале омметра знаком ∞. Различным сопротивлениям, подключаемым к зажимам R_x, соответствуют различные промежуточные положения стрелки на шкале прибора. Поэтому на шкалу можно нанести деления непосредственно в омах.

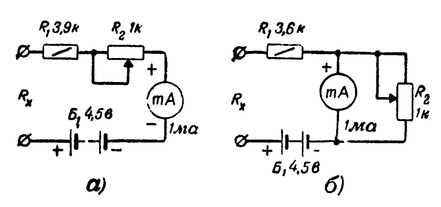


Рис. 9-11. Схемы омметров.
а — с последовательным сопротивлением установки нуля; *б* — с параллельным сопротивлением установки нуля.

С помощью омметров, в которых применены миллиамперметры с током полного отклонения 1—5 *ма* и батареи напряжением 4,5 *в*, можно измерять сопротивления от 100 *ом* до 200 *ком*. Для измерения бóльших сопротивлений необходимо применять батареи с более высоким напряжением, например 68-АМЦ-Х-0,6, 10-АМЦ-Ц-1,0 или микроамперметры.

Наиболее точно можно измерять лишь сопротивления, величины которых находятся в пределах от 0,1 $(R_1 + R_2)$ до 10 $(R_1 + R_2)$. Например, с помощью омметра, имеющего данные, указанные на схеме рис. 9-1, *а*, наиболее точно можно измерять сопротивления от 500 *ом* до 50 *ком*.

В схеме рис. 9-11, *б* сопротивление установки нуля R_2 включено параллельно прибору. Показания омметра, выполненного по этой схеме, меньше зависят от изменения напряжения батареи, поэтому данная схема применяется чаще.

Расчет сопротивлений омметра

Общая величина сопротивлений $R_1 + R_2$ в схеме рис. 9-11, *а* в омах определяется по формуле

$$R_1 + R_2 = 1\,000\,\frac{U}{I_0}, \qquad (9\text{-}3)$$

где U — напряжение батареи, *в*;

I_0 — ток полного отклонения миллиамперметра, *ма*.

Переменное сопротивление R_2 должно составлять примерно $^1/_5$—$^1/_{10}$ часть общего сопротивления $R_1 + R_2$.

Пример. Рассчитать величины сопротивлений R_1 и R_2 для омметра, в котором применены батарея с напряжением 4,5 *в* и миллиамперметр с током полного отклонения 1 *ма*.

Общее сопротивление

$$R_1 + R_2 = 1\,000 \frac{4{,}5}{1{,}0} = 4\,500 \text{ ом} = 4{,}5 \text{ ком}.$$

Берем постоянное сопротивление R_1 = 3,9 *ком*; тогда переменное сопротивление должно быть равно 4,5 *ком* — 3,9 *ком* = 0,6 *ком* = 600 *ом*. Практически можно применить переменное сопротивление 1 *ком*.

В схеме рис. 9-11, *б* сопротивление R_2 должно быть в 5—10 раз больше сопротивления R_0 рамки миллиамперметра. Величина сопротивления R_1 в омах вычисляется по формуле

$$R_1 = 800 \frac{U}{I_0}, \qquad (9\text{-}4)$$

где обозначения те же, что и в формуле (9-3).

Пример. Определить сопротивления $R_1 + R_2$ при данных предыдущего примера; сопротивление миллиамперметра 150 *ом*.

Сопротивление $R_2 = 5R_0 \div 10R_0 = 5 \cdot 150 \div 10 \cdot 150 = 750 \div 1\,000$ *ом* и сопротивление

$$R_1 = 800 \frac{4{,}5}{1{,}0} = 3\,600 \text{ ом} = 3{,}6 \text{ ком}.$$

Пользование омметрами

Перед измерениями необходимо с помощью корректора прибора установить стрелку на деление ∞ (левое крайнее деление шкалы). Затем замыкают накоротко зажимы R_x и вращением ручки «Установка нуля омметра» (сопротивления R_2 на рис. 9-11) устанавливают стрелку на нулевое деление шкалы омов (правое крайнее деление шкалы). Установка нуля омметра необходима потому, что напряжение батареи с течением времени уменьшается. Если при замкнутых накоротко зажимах R_x стрелка прибора не отклоняется до нуля шкалы омметра при любом положении сопротивления установки нуля, значит батарея разрядилась и ее необходимо заменить.

9-8. ГРАДУИРОВКА ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Для градуировки необходимо иметь образцовые измерительные приборы, класс точности которых выше или в крайнем случае равен классу точности градуируемых приборов.

Образцовый прибор должен иметь примерно те же пределы измерения, что и градуируемый. Для градуировки многопредельных приборов нужно иметь многошкальный образцовый прибор или несколько приборов с различными пределами измерения.

Прибор должен градуироваться в том положении, в каком он будет работать. При наличии у него металлического кожуха градуировка производится обязательно при надетом кожухе, так как снятие кожуха изменяет показания прибора. Для нанесения делений на шкалу защитное стекло снимают.

Градуировка вольтметра (рис. 9-12,*а*)

Сначала на шкалу вольтметра наносится нулевое деление при отключенном источнике напряжения. Затем по показаниям образцового прибора с помощью сопротивлений R_1 и R_2 устанавливают напряжение, равное пределу измерения градуируемого вольтметра, и против конца стрелки, на шкале, наносят точку. При правильно выбранном добавочном со-

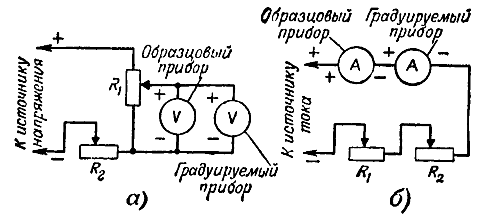


Рис. 9-12. Схемы градуировки электроизмерительных приборов.
а — вольтметра; *б* — амперметра.

противлении эти точки должны располагаться симметрично относительно середины окна кожуха прибора. Если точка, соответствующая пределу измерения, располагается ближе к середине шкалы, то добавочное сопротивление вольтметра на данном пределе необходимо уменьшить, и наоборот.

Затем наносятся промежуточные деления. Для этого по показаниям образцового вольтметра устанавливают различные значения напряжения и отмечают на шкале точки, соответствующие этим напряжениям. Таким образом, на шкалу наносятся все точки, которые будут помечены числами. Промежутки между этими числами разбиваются на равные части при вычерчивании шкалы.

Применяемый для градуировки источник тока должен давать напряжение на 15—20% выше предела измерения градуируемого прибора. Обычно используется батарея из сухих элементов или выпрямитель. Сопротивление R_1 берется равным входному сопротивлению градуируемого вольтметра, а сопротивление R_2 — в 5—6 раз меньше его.

При градуировке вольтметров переменного напряжения используется напряжение сети с частотой 50 *гц*.

Градуировка амперметра (рис. 9-12,*б*)

Порядок градуировки амперметра ничем не отличается от градуировки вольтметра (см. выше). Применяемый источник энергии должен обеспечить получение тока, равного наибольшему пределу градуируемого прибора. Сопротивление реостатов R_1 и R_2 выбирается таким, чтобы при полностью введенных реостатах стрелка прибора отклонялась не менее, чем до первого деления с числовой отметкой, Сопротивление R_1 должно быть в 5—10 раз меньше, чем сопротивление R_2.

Градуировка омметра

Точную градуировку шкалы омметра можно произвести лишь с помощью магазина эталонных сопротивлений. Если от омметра не требуется большой точности измерений, его можно отградуировать с помощью постоянных сопротивлений МЛТ или ВС с допустимым отклонением от номинала ±5 или ±10%. Градуировка производится следующим образом. На шкалу прибора наклеивается вырезанный по ее форме лист чистой плотной бумаги. Сначала на шкале отмечают положение стрелки при разомкнутых зажимах R_x, соответствующее бесконечно большому сопротивлению. Затем, замкнув накоротко зажимы R_x, производят установку на «нуль» омметра и также отмечают это деление на шкале. После этого подключают к омметру поочередно сопротивления различной величины и каждый раз отмечают на шкале положение стрелки прибора. Для большей точности градуировки с применением сопротивлений ВС, МЛТ рекомендуется включать поочередно несколько сопротивлений с одинаковыми номинальными значениями и наносить на шкалу среднее значение отклонения стрелки. Чем больше различных номиналов сопротивлений имеется у радиолюбителя, тем больше делений будет на шкале омметра, тем точнее можно будет производить отсчет при измерении. На рис. 9-13 показаны шкалы для омметров, в которых в качестве источников питания используется батарейка для карманного фонаря (напряжение 4,5 *в*).

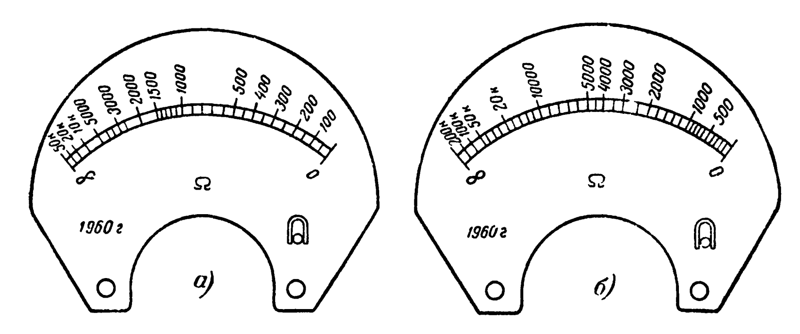


Рис. 9.13. Шкалы омметров.
а — с миллиамперметром, имеющим ток полного отклонения 5 *ма*, *б* — с миллиамперметром, имеющим ток полного отклонения 1 *ма*.

9-9. МОСТОВЫЕ СХЕМЫ

Мост для измерения сопротивлений (рис. 9-14)

Мост состоит из четырех сопротивлений, которые называются плечами моста. В одну диагональ четырехугольника, образованного этими плечами, включается источник питания, а в другую — индикатор. Мост для измерения сопротивлений может питаться как постоянным, так и переменным током НЧ (обычно 50 или 1 000 *гц*). В первом случае индикатором служит гальванометр, во втором случае — головные телефоны.

Мост считается уравновешенным (сбалансированным), если тока в цепи индикатора нет. Для этого сопротивления плеч должны находиться в отношении $R_1 : R_2 = R_x : R_3$, откуда

$$R_x = R_3 \frac{R_1}{R_2}. \tag{9-5}$$

Если известны величины R_1, R_2 и R_3, то по формуле (9-5) можно определить величину измеряемого сопротивления R_x. Например, если $R_1 = 100$ *ом*, $R_2 = 10$ *ом* и $R_3 = 50$ *ом*, то

$$R_x = 50 \frac{100}{10} = 500 \text{ ом}.$$

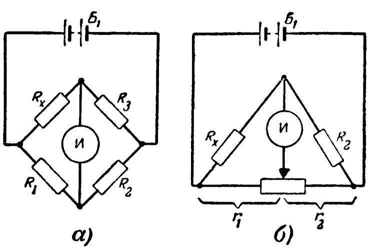


Рис. 9-14. Схема мостов для измерения сопротивлений.

Для расширения пределов измерения моста в нем применяют несколько переключаемых постоянных сопротивлений R_1, а сопротивление R_3 делают переменным. Изменением его уравновешивают мост. Сопротивление R_3 снабжают проградуированной шкалой, по которой производят отсчет. Величину сопротивления R_x находят умножением отсчета по шкале R_3 на множитель, равный отношению сопротивлений $\frac{R_1}{R_2}$. Обычно это отношение берут равным 1, 10, 100, 1 000 и т. д.

Пример. Отсчет по шкале сопротивления $R_3 = 75$ *ом*, а $\frac{R_1}{R_2} = 1\,000$. В этом случае

$$R_x = 75 \cdot 1\,000 = 75 \text{ ком}.$$

Достоинством такой схемы моста является равномерность шкалы переменного сопротивления R_3, что упрощает ее изготовление и повышает точность отсчета.

Схема моста, показанная на рис. 9-14, *б*, называется реохордной. Здесь сопротивления R_1 и R_2 заменены потенциометром $r_1 + r_2$, который называется реохордом. В этом случае величину сопротивления R_x определяют по формуле

$$R_x = R_3 \frac{r_1}{r_2}. \tag{9-6}$$

Отношения $\frac{r_1}{r_2}$ заранее измеряются и наносятся на шкалу, которой снабжается реохорд. Расширение пределов измерений достигается заменой эталонного сопротивления R_2. Сопротивления R_2 обычно отличаются друг от друга в 10, 100, 1 000 и другое кратное десяти число раз. Шкала реохорда существенно нелинейна, что усложняет ее изготовление и уменьшает точность отсчета.

Мост для измерения емкостей

Питание моста для измерения емкостей (рис. 9-15) производится переменным током НЧ. Индикатором обычно являются головные телефоны. Баланс моста отмечается по пропаданию или минимуму звука в них.

Емкость конденсатора, измеряемого в схеме рис. 9-15, *а*, вычисляют по формуле (конденсатор C_0 является эталонным)

$$C_x = C_0 \frac{R_2}{R_1}. \qquad (9\text{-}7)$$

Сопротивление R_2 делается переменным и снабжается равномерной шкалой, разбитой на 100 делений. Расширение пределов измерений осуществляют заменой (переключением) сопротивлений R_1, отличающихся в 10, 100 и 1 000 раз.

При использовании моста по схеме рис. 9-15, *б* емкость конденсатора C_x находится по формуле

$$C_x = C_0 \frac{r_1}{r_2}. \qquad (9\text{-}8)$$

Отношения $\frac{r_1}{r_2}$ наносятся на шкалу реохорда, по которой и производится отсчет. Шкала реохорда нелинейная. Расширение пределов измерения производится заменой (переключением) конденсатора C_0 другим конденсатором емкостью в 10, 100, 1 000 раз большей.

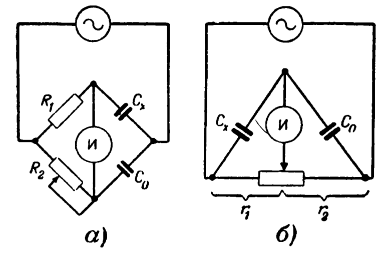


Рис. 9-15. Схемы мостов для измерения емкостей конденсаторов.

9-10. ИСПЫТАТЕЛЬ МАЛОМОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ (рис. 9-16)

На этикетках транзисторов обычно приводятся только установленные техническими условиями: минимальное значение для транзисторов данного типа (группы) коэффициента усиления по току, максимальное значение начального тока коллектора и т. д.

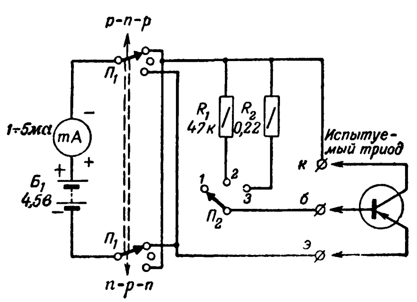


Рис. 9-16. Схема простого испытателя транзисторов.

Но при конструировании радиоаппаратуры часто необходимо знать точные параметры имеющихся у радиолюбителя транзисторов; кроме того, нужно бывает убедиться в том, что транзистор исправен. В радиолюбительской практике обычно достаточно знать сквозной ток коллектора и коэффициент усиления по току β в схеме с общим эмиттером. Простой прибор по схеме рис. 9-16 служит для измерения этих параметров.

Исследуемый транзистор подключают к зажимам *к*, *б*, и *э* прибора и в зависимости от типа транзистора переключатель $П_1$ устанавливают в положение «*p-n-p*» или «*n-p-n*». Переключатель $П_2$ ставят в положение *1* (цепь базы разомкнута) и по показаниям миллиамперметра отсчитывают значение сквозного тока коллектора. У хорошего транзистора типа П1, П5—П15 его величина не превышает 0,1—0,2 *ма* (при напряжении бата-

реи 4,5 *в*). Затем переключатель $П_2$ переводят в положение *2* и отмечают показание миллиамперметра $I_к$. Коэффициент усиления по току β определяется по формуле

$$\beta = 10 I_к. \qquad (9\text{-}9)$$

Пример. $I_к = 0{,}95$ *ма*, следовательно, $\beta = 10 \,.\, 0{,}95 = 9{,}5$.

Если при положении *2* переключателя $П_2$ стрелка миллиамперметра отклоняется вправо за пределы шкалы, переключатель следует поставить в положение *3*. В этом случае коэффициент усиления по току β определяется по формуле

$$\beta = 50\, I_к. \qquad (9\text{-}10)$$

Пример. $I_к = 0{,}95$ *ма*, следовательно, $\beta = 50 \cdot 0{,}95 = 47{,}5$.

Зная β, можно определить коэффициент усиления по току α с помощью номограммы рис. 11-12 в разделе 11 настоящего справочника.

9-11. ПРОСТЕЙШИЕ ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ

Генератор на неоновой лампе. Для проверки работоспособности радиоприемника или усилителя НЧ можно использовать генератор сигналов по схеме рис. 9-17, *а*. В нем можно использовать неоновую лампу МН-3, МН-5 или МН-8. Питать генератор можно от батареи с напряжением

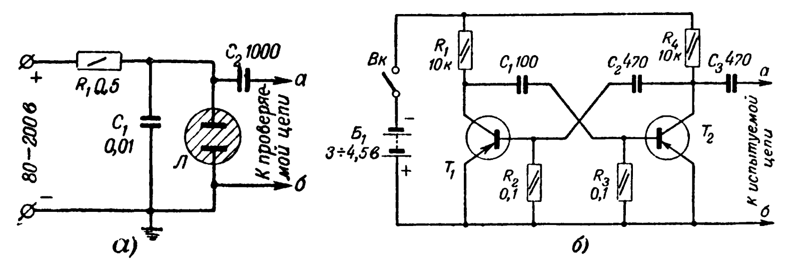


Рис. 9-17. Схема простейших генераторов сигналов. *а* — с неоновой лампой; *б* — на транзисторах.

80—200 *в* или от выпрямителя проверяемого приемника или усилителя, подключив генератор к выпрямителю с помощью двух изолированных проводников.

Генератор на транзисторах. В генераторе по схеме рис. 9-17, *б* могут быть применены транзисторы П1, П6, П13, П14, П15 любой буквенной группы. Питание генератора осуществляется от двух элементов ФБС или от батареи карманного фонаря.

Генераторы монтируются в кожухах из металла, выполняющих роль экранов (например, в корпусах от неисправных электролитических конденсаторов).

Использование генераторов. Генераторы по обеим схемам генерируют колебания НЧ. Если такой генератор включить на вход исправного усилителя НЧ, то в громкоговорителе мы услышим громкий музыкальный тон. Сигнал генератора содержит большое число высших гармоник, что

позволяет использовать его и для проверки каскадов ВЧ и ПЧ радиоприемника. Если генератор включить на вход исправного радиоприемника, то гармоники сигнала усилятся в этих каскадах и в громкоговорителе мы услышим такой же звук, как и при подключении генератора ко входу усилителя НЧ, только с меньшей громкостью. С помощью генератора сигналов можно произвести покаскадную проверку приемника. Для этого провод *б* генератора подключают к шасси приемника, а провод *а* — к управляющим сеткам ламп (начиная с лампы оконечного каскада) и прослушивают сигнал в громкоговорителе. При подключении генератора к управляющей сетке неисправного каскада звука в громкоговорителе не будет.

9-12. ПРОБНИКИ
(рис. 9-18)

Пробники служат для грубой проверки сопротивления различных деталей.

Провода *а* и *б* пробника присоединяются к проверяемым цепям. Концы их желательно снабдить однополюсными вилками-щупами.

Пробник по схеме рис. 9-18, *а* состоит из лампочки с рабочим напряжением 2,5 или 3,5 *в* и батареи от карманного фонаря. Можно применить и неоновую лампочку; тогда напряжение батареи нужно увеличить до

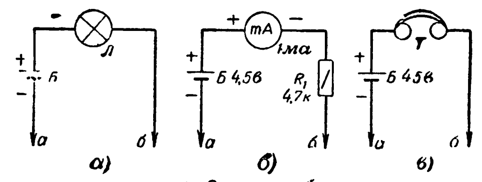


Рис. 9-18. Схемы пробников.
а — с лампочкой от карманного фонаря; *б* — с миллиамперметром; *в* — с телефонными трубками.

100—120 *в*, а между неоновой лампочкой и батареей включить сопротивление 100—200 *ком*. Пробник с лампочкой накаливания пригоден для проверки цепей, имеющих сопротивление не более 5—10 *ом*.

Пробник с миллиамперметром. В пробнике по схеме рис. 9-18, *б* сопротивление R_1 подбирается так, чтобы при замкнутых щупах *а* и *б* стрелка прибора отклонялась до конца шкалы. При проверке цепи таким пробником по отклонению стрелки миллиамперметра можно получить некоторое суждение о сопротивлении проверяемой цепи: чем это сопротивление больше, тем меньше угол отклонения стрелки.

Пробник с телефонными трубками. Пользуясь пробником по схеме рис. 9-18, *в*, следует помнить следующее.

1. При подключении пробника к исправному сопротивлению в телефонах слышен щелчок. Громкость его тем больше, чем меньше сопротивление. Если сопротивление имеет обрыв, то щелчка нет как при размыкании, так и при замыкании щупов пробника.

2. При первом подключении пробника к исправному конденсатору получается щелчок в телефоне. При последующих подключениях щелчка нет или он очень слабый. Чем больше емкость конденсаторов, тем громче

щелчок. Когда же пробник подключается к неисправному конденсатору, щелчки слышны при каждом подключении.

3. При проверке исправных катушек индуктивности щелчок получается как при замыкании, так и при размыкании цепи.

9-13. ПРАКТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Простейший ампервольтомметр (рис. 9-19)

Переключение пределов измерения в ампервольтомметре производится с помощью восьмиштырьковой ламповой панельки. Он содержит вольтметр постоянного напряжения с пределами измерения 10, 100 и 500 *в*, вольтметр переменного напряжения с пределами измерения 10, 500 *в*, миллиамперметр постоянного тока с пределами измерения 1 и 50 *ма* и однопредельный омметр, позволяющий измерять сопротивления от 100 *ом* до 200 *ком*. Один полюс измеряемой цепи подключается к зажиму «—Общ»,

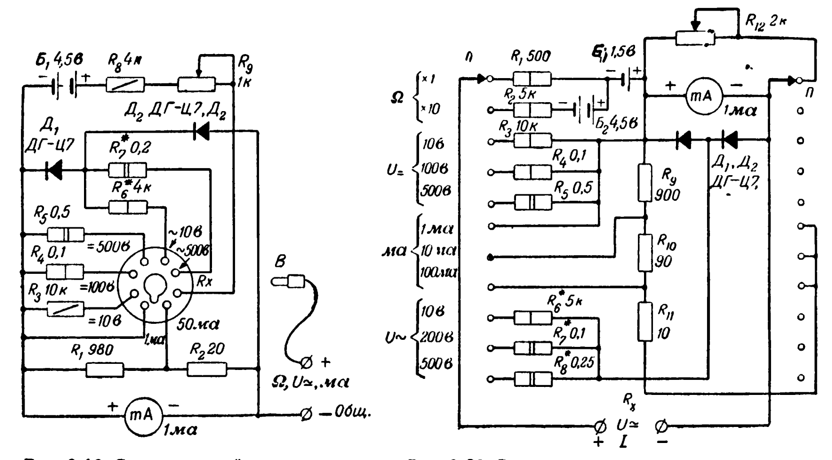


Рис. 9-19. Схема простейшего авометра.

Рис. 9-20. Схема авометра с переключателем.

второй полюс включается с помощью ножки, выполненной из штырька от цоколя электронной лампы или из проволоки диаметром ~2,5 *мм*, в одно из гнезд ламповой панельки. В ампервольтомметре применен магнитоэлектрический прибор с током полного отклонения 1 *ма*. Батарея $Б_1$ состоит из трех включенных последовательно элементов ФБС-0,25. Можно применить батарейку от карманного фонаря. Сопротивления R_3—R_8 собираются из непроволочных сопротивлений ВС или МЛТ. Величины сопротивлений, помеченные на схеме звездочками, являются ориентировочными; точные величины этих сопротивлений подбираются при градуировке шкал переменных напряжений ампервольтомметра.

Ампервольтомметр с переключателем (рис. 9-20)

В авометре применен магнитоэлектрический прибор с током полного отклонения 1 *ма*. Переключение видов и пределов измерений производится с помощью галетного переключателя *П* из двух плат на 11 положений.

Омметр ампервольтомметра имеет два предела измерения: 20—10 000 и 200—100 000 *ом*. Пределы измеряемых постоянных и переменных напряжений, а также постоянных токов указаны на схеме. Сопротивления составляются из непроволочных сопротивлений ВС или МЛТ. Величины сопротивлений, помеченные на схеме звездочками, являются ориентировочными.

Ламповый вольтметр (рис. 9-21)

Вольтметр позволяет измерять постоянные напряжения и переменные напряжения с частотой 20 *гц* — 10 *Мгц* до 500 *в* на пяти пределах измерения: 0—5, 0—20, 0—50, 0—200, 0—500 *в*. Входное сопротивление вольтметра 20 *Мом* при измерении постоянных напряжений и 8 *Мом* при измерении переменных напряжений. Отсчет постоянных и переменных напряжений производится по общей равномерной шкале миллиамперметра.

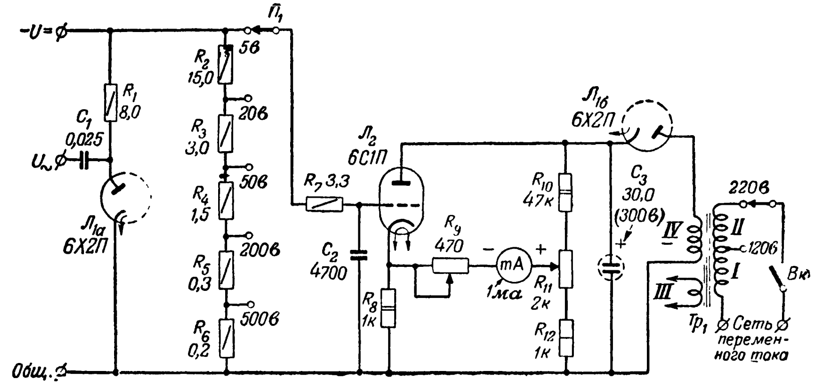


Рис. 9-21. Схема лампового вольтметра.

Измеряемое постоянное напряжение подается на зажимы «U_{-}» и «Общ», а переменное напряжение — на зажимы «$U_{\sim}$» и «Общ». Никаких переключений в схеме вольтметра при переходе от измерения постоянных напряжений к переменным не производится. Переключение пределов измерений осуществляется переключателем $П_1$ на пять положений. Установка нуля вольтметра перед измерениями производится потенциометром R_{11}. Потенциометр R_9 служит для подгонки чувствительности вольтметра на шкале 0—5 *в*. Сопротивления R_2—R_6 должны быть подобраны с точностью $\pm 2 \div 5\%$, остальные сопротивления и конденсаторы могут иметь допуск $\pm 20\%$. Лампа $Л_1$ может быть заменена лампой 6Х6С, а лампа $Л_2$ — лампой 6Г7 (триодная часть) или половиной лампы 6Н8С, 6Н1П.

Сердечник трансформатора $Тр_1$ из пластин Ш-19; толщина набора — 25 *мм*. Обмотка *I* содержит 1 500 витков провода ПЭЛ 0,18; обмотка *II* — 1 200 витков провода ПЭЛ 0,15; обмотка *III* — 75 витков провода ПЭЛ 0,8 и обмотка *IV* — 2 500 витков провода ПЭЛ 0,15.

Налаживание вольтметра сводится к подбору сопротивления R_9 так, чтобы при подаче на вход вольтметра постоянного напряжения 5 *в* (переключатель $П_1$ в положении 5 *в*) стрелка миллиамперметра отклоня-

лась на всю шкалу. Затем на вход вольтметра подается переменное напряжение 5 *в* и сопротивление R_1 подбирается так, чтобы стрелка миллиамперметра также отклонялась на всю шкалу.

Вольтметр на лампе 6Е5С (рис. 9-22)

При отсутствии у радиолюбителя миллиамперметра в ламповом вольтметре в качестве индикатора можно использовать лампу 6Е5С. Вольтметр имеет два предела измерения: 0—50 *в* и 0—500 *в*. Измеряемое напряжение подключается к зажимам «+» и «—».

Потенциометр R_3 снабжен шкалой, проградуированной в вольтах. Верхнее по схеме положение движка потенциометра соответствует нулевому измеряемому напряжению. При этом теневой сектор на экране лампы должен отсутствовать. Это достигается регулировкой потенцио-

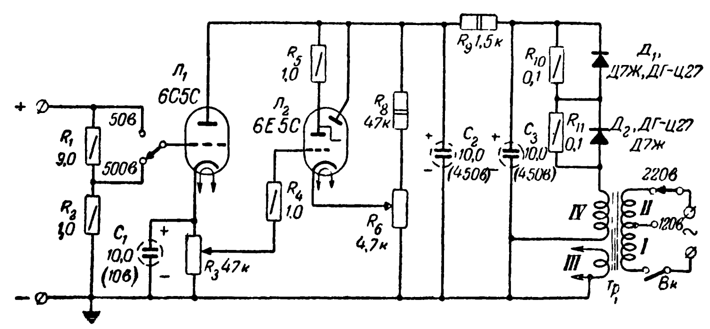


Рис. 9-22. Схема вольтметра на лампе 6Е5С.

метра R_6 (установка нуля вольтметра) при замкнутых входных зажимах «+» и «—». При подаче на вольтметр напряжения теневой сектор на экране лампы увеличивается. Перемещая движок потенциометра R_3, добиваются сужения теневого сектора. При этом производится отсчет напряжения по шкале потенциометра.

Силовой трансформатор имеет следующие данные: сердечник из пластин Ш-19, толщина набора — 25 *мм*. Обмотка *I* имеет 1 200 витков ПЭЛ 0,18; обмотка *II* — 1 000 витков такого же провода; обмотка *III* — 65 витков провода ПЭЛ 0,51 и обмотка *IV* — 1 600 витков провода ПЭЛ 0,18.

Градуировка вольтметра производится в схеме рис. 9-12, *а*. Перед градуировкой устанавливают «нуль» вольтметра с помощью потенциометра R_6, а затем на его шкалу наносят деления, соответствующие различным входным напряжениям.

Вольтметром можно измерять также переменное напряжение с частотой 50 *гц* примерно в тех же пределах, что и постоянное напряжение. По переменному напряжению шкала вольтметра должна быть проградуирована отдельно.

Мост для измерения сопротивлений и емкостей конденсаторов (рис. 9-23)

Реохордный мост служит для измерения сопротивлений от 10 *ом* до 10 *Мом* на трех поддиапазонах 10—1 000 *ом*; 1 000 *ом* — 0,1 *Мом*; 0,1 *Мом* — 10 *Мом* и измерения емкостей конденсаторов от 10 *пф* до 10 *мкф*

на трех поддиапазонах: 10—1 000 *пф*; 1 000 *пф* — 0,1 *мкф*; 0,1 *мкф* — 10 *мкф*. Переключение пределов и видов измерений производится с помощью ламповой восьмиштырьковой панельки и однополюсной вилки (рис. 9-23).

Баланс моста устанавливают перемещением движка потенциометра R_4 по наиболее слабому звуку или полному исчезновению звука в наушниках. Питание моста осуществляется от генератора с частотой около 1 000 *гц*. Генератор выполнен на неоновой лампочке. Для питания генератора нужен источник постоянного напряжения 80—200 *в* (анодная батарея или выпрямитель).

Трансформатор $Тр_1$ — любой с соотношением числа витков обмоток от 1 : 4 до 1 : 10. Величины сопротивлений $R_1 \div R_3$ и емкости конденсаторов $C_1 \div C_3$ подбирают на заводском мосте или с помощью какого-либо другого прибора с точностью не хуже 2÷5%. От точности подбора этих деталей и точности градуировки моста будет зависеть точность измерения. Потенциометр R_4 — проволочный, сопротивление его от 300 *ом* до 10 *ком*. Потенциометр типа ВК или СП применять нежелательно, так как градуировка со временем нарушится.

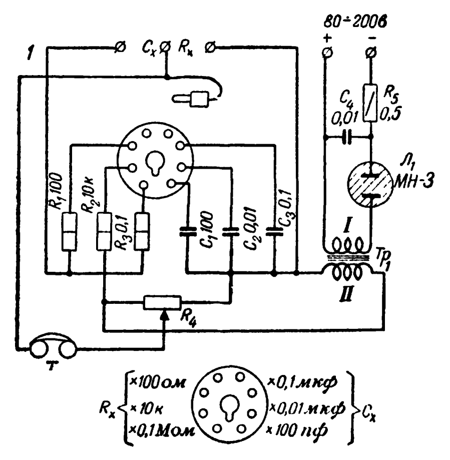


Рис. 9-23. Мост для измерения сопротивлений и емкостей конденсаторов.

Вверху — принципиальная схема, внизу — расположение гнезд на панельке переключателя.

Налаживание моста сводится к подбору желаемого тона генератора изменением емкости конденсатора C_4. Градуировка моста производится с помощью магазина образцовых сопротивлений или конденсаторов. Когда емкости конденсаторов C_1—C_3 и величины сопротивлений R_1—R_3 подобраны с достаточной точностью, градуировку шкалы реохорда делают на одном (безразлично каком) пределе измерения. Если от моста не требуется большой точности измерения, можно произвести градуировку шкалы с помощью постоянных сопротивлений, если в распоряжении радиолюбителя имеется достаточно большое число сопротивлений различных номиналов. Для градуировки желательно использовать сопротивления, имеющие допуск ±5 или ±10%.

9-14. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Ампервольтомметр ТТ-1 (рис. 9-24, *а*)

Ампервольтомметр (тестер) позволяет проводить измерения постоянного и переменного напряжения на четырех диапазонах: 0—10; 0—50; 0—200; 0—1 000 *в*. Входное сопротивление при работе в качестве вольтметра постоянного тока равно 5 000 *ом* на вольт и при работе в качестве вольтметра переменного напряжения около 2 000 *ом* на вольт.

Вольтметр переменного напряжения рассчитан на измерение напряжений с частотой не более 1 000 *гц*. При измерении напряжений более высоких частот вольтметр может быть использован только как индикатор напряжения, так как точность измерения с повышением частоты ухудшается.

Прибор может быть использован как миллиамперметр постоянного тока с пределами 0—0,2; 0—1; 0—5; 0—20; 0—100 и 0—500 *ма*, а также как многопредельный омметр для измерения сопротивлений от 1 *ом* до 2 *Мом*.

Питание цепи омметра осуществляется от четырех элементов типа ФБС-0,25, установленных внутри прибора.

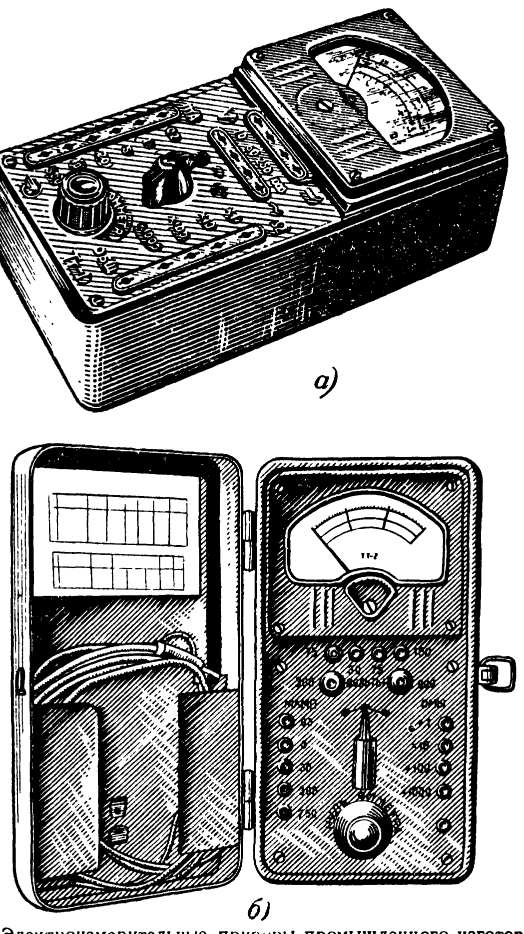


Рис. 9-24. Электроизмерительные приборы промышленного изготовления.
а — ампервольтомметр ТТ-1; *б* — ампервольтомметр ТТ-2.

Ампервольтомметр ТТ-2 (рис. 9-24, *б*)

Этот ампервольтомметр (тестер) позволяет измерять постоянное и переменное напряжения на шести диапазонах: 0—7,5; 0—30; 0—75; 0—150; 0—300; 0—900 *в*. При работе прибора в качестве вольтметра постоянного напряжения входное сопротивление равно 5 000 *ом* на вольт и при работе прибора в качестве вольтметра переменного напряжения 2 000 *ом* на вольт. Вольтметр переменного напряжения рассчитан для измерения напряжений с частотой до 1 000 *гц*.

Прибор может быть использован как миллиамперметр с пределами: 0—0,3; 0—30; 0—300 и 0—750 *ма*, а также как омметр для измерения сопротивлений от 1 *ом* до 2 *Мом*.

Питание цепи омметра производится от батареи для карманного фонаря, располагаемой вне прибора и соединяемой с прибором двумя гибкими проводниками.

Ампервольтомметр Ц-20

Прибор позволяет проводить измерения постоянного напряжения на пяти диапазонах: 0—1,5; 0—6; 0—30; 0—120; 0—600 *в*; переменного напряжения низкой частоты на четырех диапазонах: 0—7,5; 0—30; 0—150; 0—600 *в*; величину постоянного тока на пяти диапазонах: 0—1,5; 0—6; 0—30; 0—120 и 0—600 *ма* и сопротивления от 1 *ом* до 2 *Мом*. Входное сопротивление вольтметра при измерении постоянных напряжений 8 000 *ом/в* и при измерении переменных напряжений около 1 600 *ом/в*.

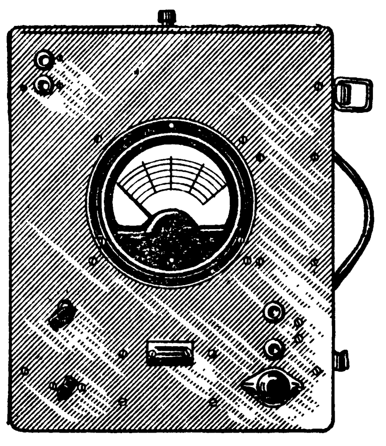


Рис. 9-25. Ламповый вольтметр ВКС-7Б.

Питание цепи омметра производится от четырех элементов ФБС-0,25, расположенных внутри прибора.

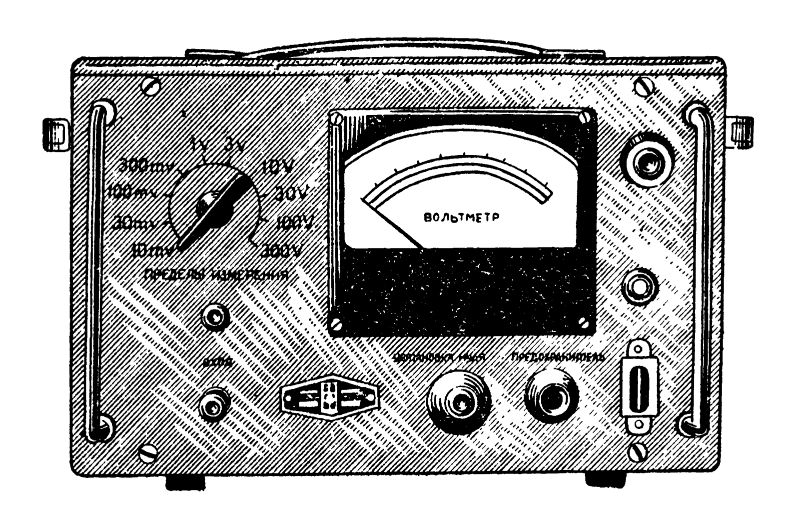
Ламповый вольтметр ВКС-7Б (рис. 9-25)

Прибор предназначен для измерения переменных напряжений с частотой от 50 *гц* до 100 *Мгц* на четырех поддиапазонах: 0—1,5; 0—15; 0—50 и 0—150 *в*.

Питание вольтметра осуществляется от сети переменного тока напряжением 80—230 *в* с частотой 50 *гц*. Потребляемая от сети мощность не превышает 15 *вт*. Вольтметр содержит феррорезонансный стабилизатор и может включаться в сети с разными напряжениями без каких-либо переключений.

Ламповый вольтметр ЛВ-9 (рис. 9-26)

Этот прибор предназначен для измерения малых переменных напряжений с частотой 25 *гц* — 200 *кгц*. Имеет 10 поддиапазонов: 0—10; 0—30; 0—100; 0—300 *мв*; 0—1; 0—3; 0—10; 0—30; 0—100; 0—300 *в*. Питание — от сети переменного тока.



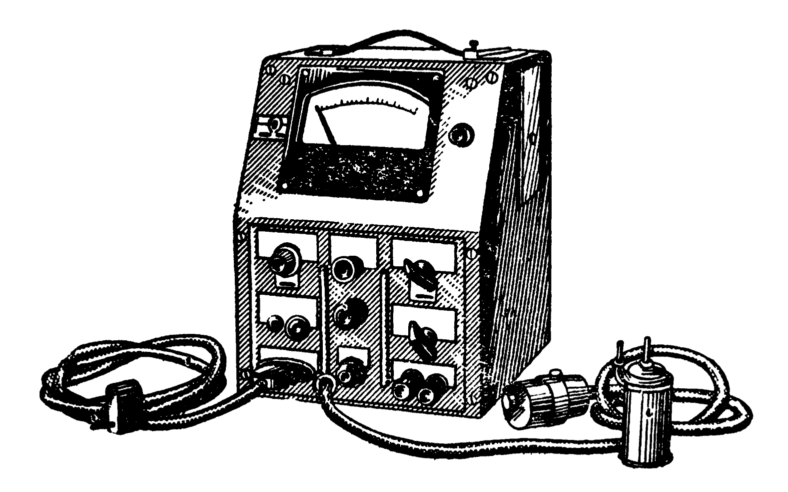


Рис. 9-26. Вверху — ламповый вольтметр ЛВ-9, внизу — ламповый вольтметр ВЛУ-2.

Ламповый вольтметр ВЛУ-2 (рис. 9-26)

Вольтметр предназначен для измерения постоянных и переменных напряжений с частотами 20 *гц* — 400 *Мгц* на поддиапазонах: 0—1,5; 0—15; 0—50 и 0—150 *в*. Питание — от сети переменного тока.

РАЗДЕЛ ДЕСЯТЫЙ

ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ ПРИБОРЫ

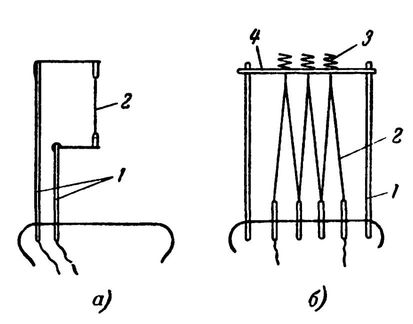
10-1. ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАМПЫ

Электронные лампы составляют многочисленную группу электровакуумных приборов и являются неотъемлемыми частями большинства современных радиоустройств. Поэтому они часто называются радиолампами. Электронные лампы представляют собой герметически запаянные сосуды (баллоны), внутри которых воздух сильно разрежен, т. е. давление воздуха внутри баллона лампы значительно ниже атмосферного (порядка 10^{-6} *мм рт. ст.* и ниже). Такое состояние воздуха называется вакуумом и достигается путем откачки воздуха из баллона.

Внутри баллона любой электронной лампы находится несколько электрически изолированных друг от друга металлических деталей, носящих название электродов.

Катод

Катод — накаливаемый электрод, из которого в нагретом до определенной температуры состоянии испускаются (эмиттируются) электроны. Процесс испускания электронов накаленным катодом называется термоэлектронной эмиссией или просто эмиссией, а максимальный ток, который может обеспечить катод, носит название тока эмиссии. Величина тока эмиссии определяется конструкцией и свойствами катода, а также условиями его работы.



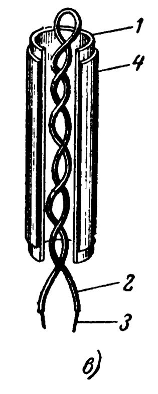


Рис. 10-1. Устройство катодов.

а — простейший катод прямого накала; *б* — катод прямого накала зигзагообразной формы (*1* — крепежные стойки; *2* — нить накала; *3* — амортизационные пружины; *4* — слюдяной или керамический изолятор); *в* — подогревный катод (*1* — металлическая трубочка; *2* — жароупорное покрытие; *3* — нить накала; *4* — оксидный слой).

Простейший катод электронной лампы представляет собой нить (или тонкую узкую ленточку) из тугоплавкого материала (например вольфрама). Нить может быть прямой или изогнутой в виде буквы Л или М; встречаются нити и с бóльшим числом изгибов (рис. 10-1, *а* и *б*).

Через нить-катод пропускается электрический ток, который нагревает его. Из вылетевших с поверхности катода электронов вокруг катода образуется «электронное облачко», которое носит название пространственного заряда.

Описанный катод называется катодом прямого накала, а электронные лампы с такими катодами — лампами прямого накала (рис. 10-4, *б*).

Поверхности катодов большинства электронных ламп покрываются окислами (оксидами) щелочноземельных металлов (бария, стронция и кальция). Такие катоды носят название оксидных. Оксидные покрытия повышают эффективность излучения электронов с поверхности катода.

Катод косвенного накала (рис. 10-1, *в*) представляет собой металлическую трубочку, на наружную поверхность которой нанесен слой оксидов (так называемый «активный слой»), являющийся источником электронов. Внутри трубочки помещается свернутая в спираль нить накала, покрытая жароупорным электроизоляционным веществом, и поэтому не имеющая электрического соединения с катодом. Нить накала в этом случае служит только для разогрева катода. Катод такой конструкции называют еще подогревным, а его нить — подогревателем.

Электронные лампы, имеющие такие катоды, называют подогревными лампами или лампами с косвенным накалом (рис. 10-4, *в*). Они предназначены главным образом для радиоаппаратуры, питаемой от сети переменного тока. Поэтому их называют также сетевыми лампами.

Анод

Слово анод означает электрод, имеющий положительный заряд. Когда напряжение на нем положительно по отношению к катоду, анод притягивает к себе электроны. Он имеет вид цилиндра, окружающего катод, или другую форму (рис. 10-2,*а* и *б*). Изготавливается анод из тугоплавкого металла.

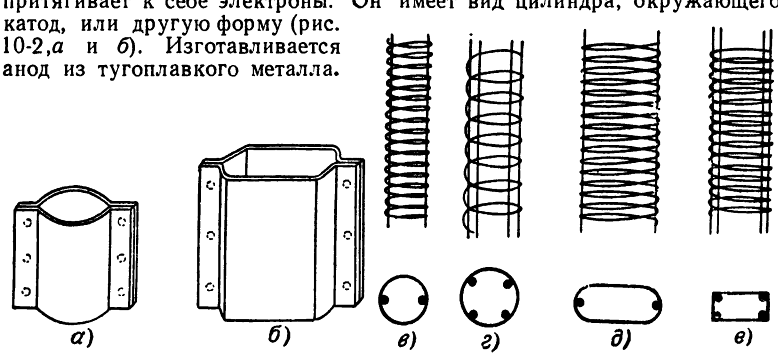


Рис. 10-2. Аноды и сетки

а — цилиндрический анод; *б* — плоский анод; *в*, *г* — сетки для ламп с цилиндрическими анодами; *д*, *е* — сетки для ламп с плоскими анодами.

Сетка

В электронных лампах, применяемых для усиления электрических сигналов, между катодом и анодом расположены еще один или несколько электродов, с помощью которых производится управление движением

электронов, испускаемых катодом лампы к аноду. Эти электроды называются сетками. Конструктивно сетки выполняются в виде цилиндрических спиралей из тонкой проволоки (рис. 10-2, *в*, *г* и 10-4, *а*).

Ножка

Катод, анод и сетки укрепляют на специальных проволочках — траверсах, впаянных или заштампованных в стекло ножки элект-

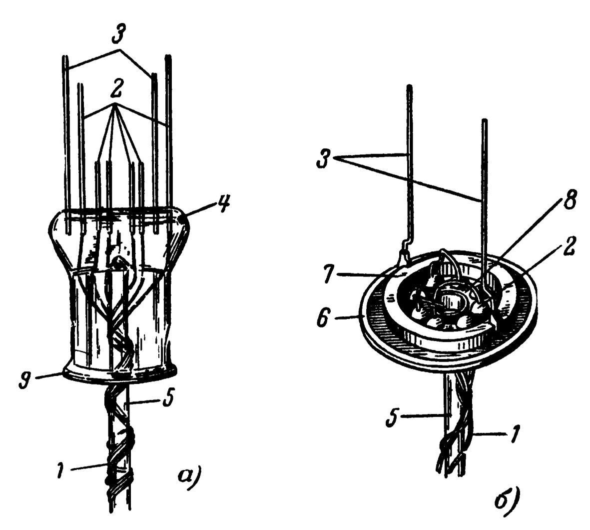


Рис. 10-3. Ножки электронных ламп.
а — гребешковая стеклянная ножка; *б* — ножка металлической лампы; *1* — наружные выводы; *2* — вводы; *3* — траверсы для крепления электродов; *4* — гребешок; *5* — штенгель; *6* — бортик для сварки с металлическим баллоном; *7* — металлическое кольцо; *8* — стеклянное дно.

ронной лампы (рис. 10-3). Ножка после приварки к ней электродов сваривается с баллоном лампы, из которого через стеклянную трубку в ножке (штенгель) откачивается воздух.

Баллон

Баллон лампы может быть стеклянный, металлический, иногда керамический. В баллоне создан вакуум, который необходим по следующим причинам. Во-первых, электроны, вылетающие из нагретого катода, могут достигнуть анода только в том случае, если они не будут сталкиваться на своем пути с частицами воздуха, иначе электроны потеряют свою скорость и не достигнут анода. Во-вторых, вакуум необходим для того, чтобы материал катода (подогревателя), нагретого до высокой температуры, химически не соединялся с кислородом воздуха, иначе катод (подогреватель) окислится и быстро перегорит.

В некоторых лампах один из электродов выводят к металлическому колпачку, укрепленному на баллоне лампы (рис. 10-6, *а* — средний рисунок, 10-6, *б* — правый рисунок, 10-6, *в* — средний рисунок). В металлических лампах колпачок изолирован от баллона.

Цоколь

Цоколь сделан обычно из пластмассы и жестко скреплен с баллоном лампы (рис. 10-4, *а*). В цоколь впрессованы металлические штырьки, к ним выведены проводники от электродов лампы.



Рис. 10-4. Устройство электронной лампы (*а*); схематическое обозначение ламп прямого накала (*б*) и подогревных (*в*).

1 — анод; *2* — катод прямого накала или подогреватель; *3* — сетка; *5* — баллон; *6* — стеклянная ножка; *7* — цоколь; *8* — ключ.

Октальный цоколь имеет в центре между металлическими штырьками (рис. 10-4, *а*) еще штырек из изоляционного материала. Этот штырек, называемый н а п р а в л я ю щ и м или к л ю ч о м, значительно толще, чем металлические контактные штырьки, и имеет продольный выступ, благодаря которому лампу можно вставить в панель только в одном определенном положении. Октальный цоколь может иметь от четырех до восьми штырьков в зависимости от числа электродов лампы. Конструкции других видов цоколей см. рис. 10-6.

10-2. ЦЕПИ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАМПЫ

Цепь накала. Для обеспечения необходимой температуры нагрева катода (как прямого накала, так и подогревного) к катоду (или подогревателю) подводится определенное напряжение, называемое н а п р я ж е н и е м н а к а л а $U_н$ (см. также § 10-11). Это напряжение создается батареей накала $Б_н$ (рис. 10-5) или специальной (накальной) обмоткой силового трансформатора при питании от сети переменного тока. Цепь, образованная нитью накала и батареей накала (или накальной обмоткой трансформатора), называется цепью накала, а ток, проходящий по этой цепи, — т о к о м н а к а л а $I_н$.

Цепь анода. Напряжение, прикладываемое между анодом и катодом лампы, называется а н о д н ы м н а п р я ж е н и е м $U_а$. Оно создается анодной батареей $Б_а$ или выпрямителем при питании от сети переменного тока. Положительный полюс (плюс) батареи (выпрямителя) подключают к аноду лампы, а отрицательный полюс (минус) — к одному из концов катода (рис. 10-5). Между анодом и катодом создается электрическое поле, под действием которого электроны летят к аноду, образуя э л е к т р о н н ы й п о т о к. Цепь, образованная анодной батареей (выпрямителем) и пространством внутри лампы между анодом и катодом, называется цепью анода или анодной цепью. Электрический ток в этой цепи, созданный электронным потоком, называют а н о д н ы м т о к о м лампы $I_а$.

Цепь сетки. Управление потоком электронов в трехэлектродной лампе осуществляется при помощи сетки (отсюда название сетки управляющая) в том случае, если между сеткой и катодом включено какое-то напряжение. Цепь, образованная сеткой, источником сеточного напряжения и промежутком сетка — катод внутри лампы, называется цепью сетки или сеточной цепью (рис. 10-5).

Если напряжение между сеткой и катодом равно нулю, то сетка не влияет на величину анодного тока лампы.

При отрицательном напряжении на управляющей сетке (по отношению к катоду) электроны будут отталкиваться сеткой обратно к катоду, и число электронов, попадающих на анод, уменьшится, следовательно, уменьшится и анодный ток лампы. Большое отрицательное напряжение на сетке может прекратить анодный ток, несмотря на положительное напряжение на аноде, т. е. «запереть» лампу. Это объясняется тем, что сетка ближе, чем анод, расположена к катоду, и поэтому оказывает более сильное влияние на движение электронов. Отрицательное сеточное напряжение, способное запереть лампу, называется *напряжением запирания* или напряжением отсечки анодного тока лампы.

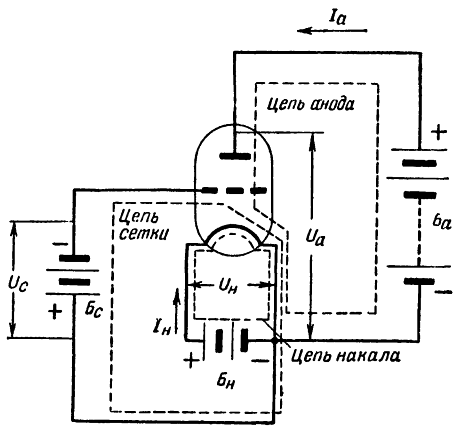


Рис. 10-5. Цепи питания электронной лампы.

Если на управляющую сетку лампы подается положительное напряжение относительно катода, то сетка «помогает» аноду «вытягивать» электроны из пространственного заряда, окружающего катод, и при неизменной величине анодного напряжения число электронов, достигающих анода, а следовательно, и анодный ток увеличиваются. При этом часть электронов попадает на сетку и в цепи сетки протекает ток. Появление *сеточного тока* в большинстве случаев нарушает нормальную работу лампы. Поэтому на управляющую сетку лампы подается постоянное отрицательное напряжение (относительно катода), называемое *напряжением смещения* или просто *смещением* $U_с$, которое устраняет возможность возникновения сеточного тока. Это напряжение создается специальной батареей смещения $Б_с$ (рис. 10-5).

В четырехэлектродной лампе (см. § 10-3), кроме управляющей сетки, имеется еще одна сетка, расположенная между анодом и управляющей сеткой и называемая *экранирующей*. На нее подают положительное напряжение относительно катода (несколько меньше анодного), которое обычно обозначается $U_э$ или $U_{с2}$.

Пятиэлектродная лампа (§ 10-3) имеет три сетки. Между анодом и экранирующей сеткой располагается еще одна сетка, называемая *пентодной* или *защитной* и обычно соединяемая непосредственно с катодом

10-3. ТИПЫ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ

Классификация электронных ламп по числу электродов

Двухэлектродная лампа — диод имеет два электрода: катод и анод. Применяется в основном для выпрямления переменных токов (детектирования).

Трехэлектродная лампа — триод имеет катод, анод и управляющую сетку. Триод применяется для детектирования, в каскадах предварительного усиления и в оконечных каскадах усиления НЧ, а также в генераторах (гетеродинах) супергетеродинных приемников и в передатчиках.

Четырехэлектродная лампа — тетрод имеет анод, катод и две сетки. Первая, ближайшая к катоду сетка является управляющей, а вторая — экранирующей. В некоторых тетродах между анодом и экранирующей сеткой расположены дополнительные электроды — лучеобразующие пластины. Такие тетроды называют лучевыми. Мощные лучевые тетроды применяются в оконечных каскадах усиления НЧ и в передатчиках.

Пятиэлектродная лампа — пентод имеет анод, катод и три сетки: управляющую, экранирующую и пентодную. Пентодная сетка расположена между анодом и экранирующей сеткой. Пентоды можно использовать в различных усилительных каскадах приемника. Мощные пентоды применяют в оконечных каскадах усилителей НЧ и в передатчиках.

Многоэлектродные лампы — гексод, гептод (пентагрид), октод применяют для преобразования частоты в супергетеродинных приемниках.

Гексод — шестиэлектродная лампа, имеющая четыре сетки. На первую сетку подают напряжение местного гетеродина, на третью — сигнальную сетку — входной сигнал. Вторая и четвертая сетки являются экранирующими.

Гептод (пентагрид) — семиэлектродная лампа с пятью сетками. Лампа состоит из двух частей: триодной, в которую входят катод, первая и вторая сетки (вторая сетка выполняет функцию анода), используемые в гетеродине, и тетродной части, в которую входят, кроме указанных, остальные электроды, используемой как смеситель.

Октод — восьмиэлектродная лампа, являющаяся сочетанием триода и пентода. Так же как у гептода, триодная часть лампы используется как гетеродин, а пентодная — как смеситель.

Комбинированные лампы представляют собой сочетание в одном баллоне двух или более ламп. К их числу относятся: двойной диод (два диода в одном баллоне), двойной триод, двойной диод-триод (диод и триод в одном баллоне), триод-пентод и др. Каждая часть такой лампы используется по своему назначению и может быть применена в различных каскадах радиоприемников, усилителей. Выводы от нитей накала в таких лампах делают общими, а выводы от катодов подогревных ламп делают либо к отдельным штырькам на цоколе, либо к одному.

Классификация электровакуумных приборов по назначению и преимущественному использованию

Приемно-усилительные лампы используются для усиления сигналов различных частот (триоды, тетроды, пентоды), детектирования модулированных сигналов ВЧ (главным образом диоды) и преобразования частоты (гептоды, гексоды и др.). Лампы, используемые в оконечных (выходных) каскадах усилителей низкой частоты, называют выходными.

Кенотроны (выпрямительные лампы) служат для преобразования переменного тока в постоянный. Большинство кенотронов имеет два соединенных вместе катода и два изолированных друг от друга анода (двуханодные кенотроны).

Генераторные и модуляторные лампы — это лампы, значительно более мощные, чем приемно-усилительные. Применяются в радиопередатчиках для генерирования незатухающих колебаний, усиления их и модуляции. Эти лампы используются также в усилителях НЧ трансляционных узлов проводного вещания. Генераторные лампы бывают в основном трех типов: триоды, тетроды и пентоды.

Сверхвысокочастотные лампы. Для работы в УКВ диапазоне используются приемно-усилительные пальчиковые лампы и лампы типа «желудь» (и те и другие обычно триоды), а также специальные лампы: триоды с дисковыми впаями и металлокерамические триоды.

Индикаторы настройки. Это электронные лампы, применяемые в ламповых радиоприемниках для точной настройки на принимаемые станции. Кроме того, эти лампы применяются в магнитофонах, в измерительных и других радиоприборах. Подробнее об индикаторе настройки см. § 10-8.

Электронно-лучевые приборы. Из их числа в радиолюбительской практике имеют распространение кинескопы — электронно-лучевые трубки, применяемые в телевизорах для преобразования телевизионных сигналов в оптические изображения (см. § 4-2).

Газонаполненные приборы. Из числа газонаполненных приборов в радиолюбительской практике находят применение стабилитроны и бареттеры (см. § 10-9 и 10-10).

Классификация приемно-усилительных ламп по способу питания

Батарейные лампы рассчитаны на питание от гальванических батарей и аккумуляторов. К их числу относятся все пальчиковые приемно-усилительные лампы, имеющие номинальные напряжения накала 0,6; 1,2; 2,4 и 4 *в* и малые токи накала (например, лампы 06Ж6Б, 1К2П, 2П1П и др.), а также лампы, имеющие напряжение накала 6, 12 и 24 *в* и работающие при низком анодном напряжении (например, лампа 12Ж1Л).

Сетевые лампы предназначены для радиоаппаратуры, питаемой от сети переменного и постоянного тока. В большинстве случаев это подогревные лампы. К сетевым лампам относят все приемно-усилительные лампы, имеющие номинальное напряжение накала 6,3 *в*, а также некоторые лампы с напряжением накала 12, 24 и 30 *в*, рассчитанные для работы с анодным напряжением не менее 100 *в*.

Классификация электронных ламп по внешнему оформлению, габаритам и конструкции

Металлические лампы — баллон металлический, цоколь из пластмассы октальный с направляющим ключом в центре (рис. 10-6, *а*).

Стеклянные лампы — баллон стеклянный, цоколь из пластмассы или металла (рис. 10-6, *б*).

Пальчиковые лампы — цельностеклянные диаметром 19 или 22,5 *мм*; контактные штырьки (в количестве семи или девяти) впаяны непосредственно в стеклянное дно баллона и правильность их включения в гнезда ламповой панельки обеспечивается тем, что штырьки (и соответственно гнезда в ламповой панельке) расположены неравномерно по окружности (рис. 10-6, *в* и *з*).

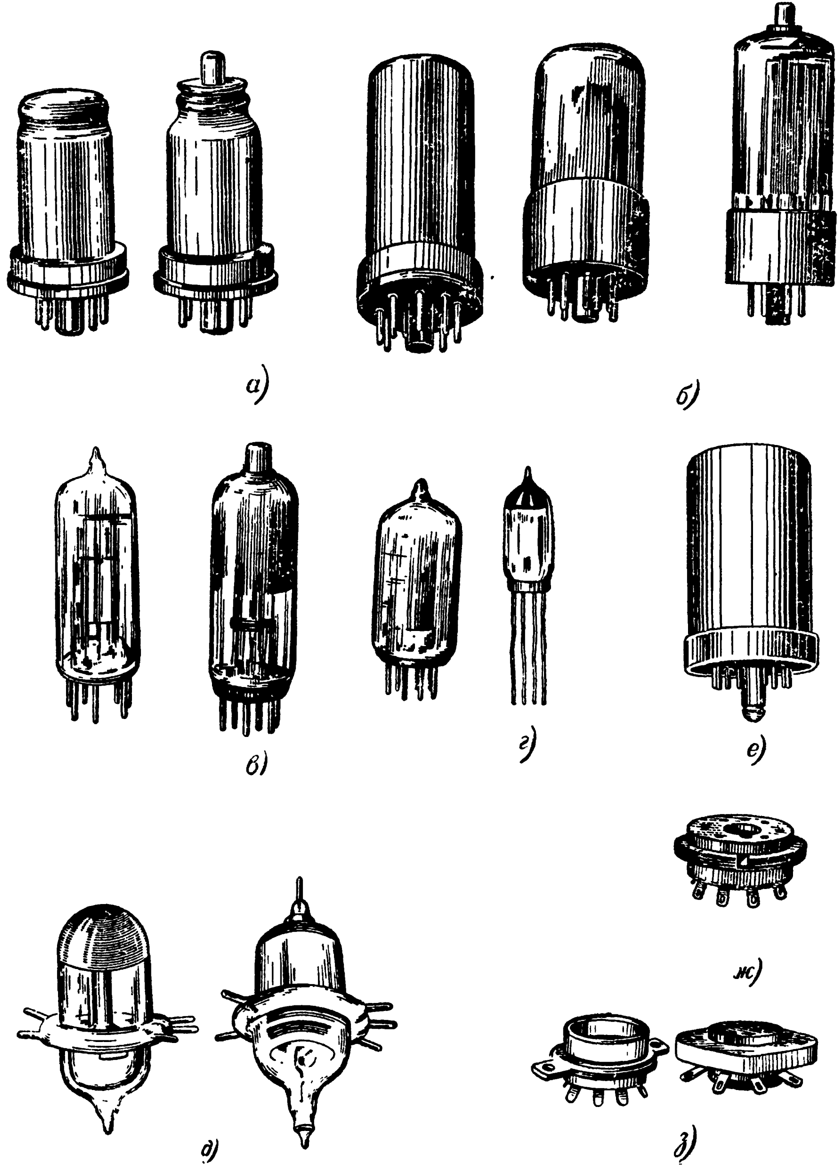


Рис. 10-6. Внешний вид некоторых электронных ламп и ламповых панелей, применяемых в радиоаппаратуре.

а — металлические лампы; *б* — стеклянные лампы; *в* — пальчиковые лампы; *г* — сверхминиатюрная лампа; *д* — лампы типа «желудь», *е* — лампа с замком на ключе; *ж* — панель для ламп с октальным цоколем; *з* — панели для пальчиковых ламп.

Сверхминиатюрные лампы — цельностеклянные со сплюснутым баллоном; выводы от электродов выполнены в виде мягких проводников, выходящих из стеклянной ножки лампы (рис. 10-6, *г*).

Лампы типа «желудь» — цельностеклянные; выводы от электродов выполнены в виде жестких штырьков, выходящих наружу через утолщенный стеклянный поясок, охватывающий баллон, а также через верхнюю и нижнюю части баллона (рис. 10-6, *д*).

Лампы с замками на ключах — баллон стеклянный, цоколь металлический с направляющим ключом в центре; на конце ключа замок в виде кольцевой выемки, захватываемый пружиной в ламповой панельке (рис. 10-6, *е*). Такая конструкция цоколя не допускает выпадания лампы из панели.

10-4. СИСТЕМА НАИМЕНОВАНИЙ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ

Наименования отечественных электровакуумных приборов состоят из букв и чисел, обозначающих тип прибора и характеризующих некоторые его электрические и конструктивные данные.

Первая буква (или две первые буквы) в наименовании прибора обозначают его тип:

А — частотопреобразовательная лампа с двумя управляющими сетками (например, гептод);

Б — приемно-усилительный пентод с одним или двумя диодами (диод-пентод, двойной диод-пентод) либо стабилизатор тока (бареттер);

Г — приемно-усилительный триод с одним или двумя диодами (диод-триод, двойной диод-триод) или генераторная лампа;

ГМ — генераторная лампа, которая может использоваться и как модуляторная (для радиопередатчика);

ГК — генераторная лампа для коротких, средних или длинных волн (для радиопередатчиков на частоты до 25 *Мгц*);

ГУ — генераторная УКВ лампа (для УКВ радиопередатчиков на частоты 25 — 600 *Мгц*);

ГС — генераторная УКВ лампа (для радиопередатчиков на частоты свыше 600 *Мгц*);

Д — диод;

Е — индикатор настройки;

Ж — маломощный пентод или лучевой тетрод с короткой характеристикой (для усилителей ВЧ, детектирования и предварительного усиления НЧ);

И — триод-гексод, триод-гептод или триод-октод;

К — маломощный пентод или лучевой тетрод с удлиненной характеристикой (для усилителей ВЧ и ПЧ с автоматической регулировкой усиления);

ЛК — электронно-лучевая приемная телевизионная трубка (кинескоп) с электромагнитным отклонением луча;

ЛМ — электронно-лучевая осциллографическая трубка с электромагнитным отклонением луча;

ЛО — электронно-лучевая или приемная телевизионная осциллографическая трубка (кинескоп) с электростатическим отклонением луча;

Н — приемно-усилительный двойной триод;

П — оконечный (выходной) лучевой тетрод или пентод;

С — приемно-усилительный триод;
СГ — стабилизатор напряжения (стабилитрон);
СТ — стабилизатор тока (бареттер);
Ф — триод-пентод (как исключение 6Ф6С — оконечный пентод);
Х — двойной диод;
Ц — кенотрон;
Э — тетрод.

Число перед первой буквой (или перед первой группой букв) указывает:

для приемно-усилительных ламп и кенотронов — номинальное напряжение накала (округленно);

для электронно-лучевых трубок с круглым экраном — диаметр экрана в сантиметрах;

для электронно-лучевых трубок с прямоугольным экраном — величину диагонали экрана в сантиметрах;

для стабилизаторов тока (бареттеров) — номинальный ток стабилизации в амперах.

Генераторные лампы и стабилизаторы напряжения числа перед буквенной группой в наименовании не имеют.

Число после первой буквы (или первой группы букв) в наименовании приемно-усилительных, генераторных ламп, кенотронов, электронно-лучевых трубок и стабилизаторов напряжения является порядковым номером типа прибора. В наименовании бареттера после буквы Б имеются два числа, разделенных между собой знаком тире (—), указывающих напряжения начала и конца стабилизации в вольтах.

Буква в конце наименования приемно-усилительной лампы, кенотрона и стабилизатора напряжения указывает на их конструктивное оформление:

А — сверхминиатюрная стеклянная лампа диаметром 6 *мм*;
Б — сверхминиатюрная стеклянная лампа диаметром 10 *мм*;
Д — лампа с дисковыми выводами (для работы на дециметровых и сантиметровых волнах);
Ж — стеклянная лампа типа «желудь»;
К — металлокерамическая лампа;
Л — лампа с замком на ключе;
М — лампа со стеклянным баллоном, малогабаритная;
П — пальчиковая лампа (с баллоном диаметром 19 или 22,5 *мм*);
Р — сверхминиатюрная лампа диаметром 4 *мм*;
С — лампа со стеклянным баллоном диаметром свыше 25 *мм* и с цоколем.

Металлические приемно-усилительные лампы и стабилизаторы тока (бареттеры) в конце наименования буквы не имеют.

В конце наименований электровакуумных приборов, отличающихся от основных типов дополнительными свойствами, кроме указанных букв добавляется тире и буква:

В — для ламп повышенной надежности и прочности;
Е — для ламп с повышенным сроком службы;
И — для импульсных ламп.

Буква в конце наименования электронно-лучевой трубки указывает на цвет свечения ее экрана:

А — синий;
Б — белый;
Г — фиолетовый;

Ж — голубовато-зеленоватый;
И — зеленый;
К — розовый;
М — голубой.

10-5. СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП

Зависимость между постоянными напряжениями электродов электронных ламп и токами в цепях этих электродов изображают графически. Такие графики называются статическими характеристиками.

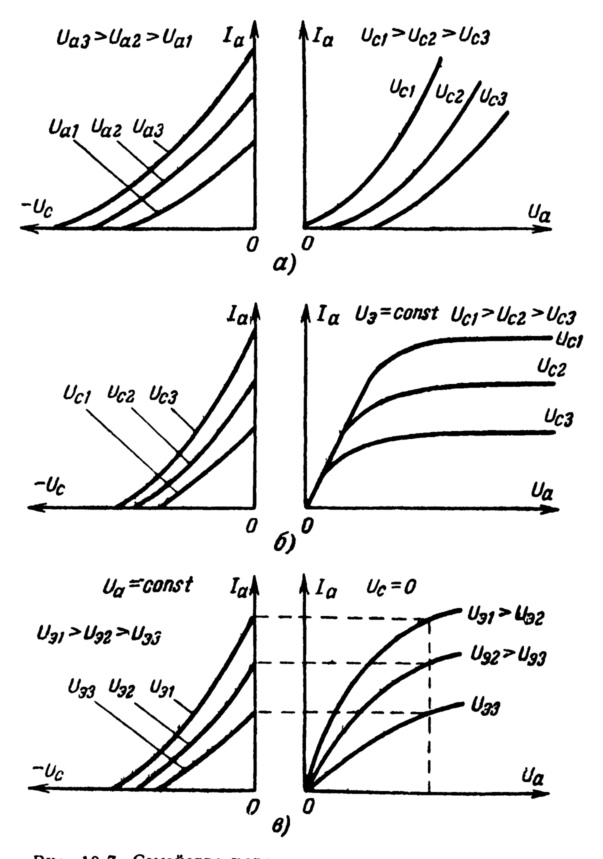


Рис. 10-7. Семейства характеристик электронных ламп.
а — анодно-сеточные и анодные характеристики триода; *б* — анодно-сеточные и анодные характеристики тетрода и пентода при различных напряжениях на управляющей сетке; *в* — характеристики тетрода и пентода при различных напряжениях на экранирующей сетке.

Анодно-сеточная характеристика лампы — кривая, показывающая зависимость величины анодного тока $I_а$ от напряжения на управляющей сетке $U_с$ при неизменных напряжениях на других электродах. По вертикальной оси графика откладываются в масштабе величины анодного тока в миллиамперах, а по горизонтальной — величины напряжения на сетке в вольтах, причем вправо от вертикальной оси откладываются положительные (+), а влево — отрицательные (—) значения этого напряжения.

Семейство анодно-сеточных характеристик — несколько таких характеристик, снятых для одной лампы при различных анодных напряжениях.

Анодная характеристика — кривая, показывающая зависимость анодного тока лампы от напряжения на ее аноде при неизменных напряжениях на других электродах (в случае триода — на управляющей сетке, а для пентода — на управляющей и экранирующей сетках).

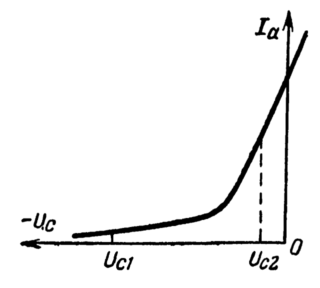
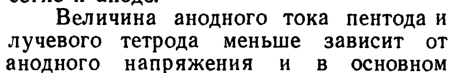


Рис. 10-8. Анодно-сеточная характеристика пентода с переменной крутизной.

Семейство анодных характеристик — несколько анодных характеристик, отличающихся тем, что каждая из них снята при различном значении напряжения на управляющей сетке (при постоянстве напряжения на других электродах лампы).

Из семейства анодно-сеточных и анодных характеристик триода (рис. 10-7, *а*) видно, что величина его анодного тока зависит от напряжений на управляющей сетке и аноде.



Величина анодного тока пентода и лучевого тетрода меньше зависит от анодного напряжения и в основном определяется напряжениями на управляющей и экранирующей сетках (рис. 10-6, *б*). Влияние напряжения экранирующей сетки на положение характеристик пентода и лучевого тетрода показано на рис. 10-7, *в*.

Пентоды с анодно-сеточными характеристиками, приведенными на рис. 10-7, *б*, называются пентодами с короткой характеристикой. Пентоды, имеющие анодно-сеточные характеристики, подобные изображенной на рис. 10-8, называются пентодами с удлиненной характеристикой. Эта характеристика имеет длинный нижний изгиб (или, как говорят, «длинный хвост»). При малых отрицательных напряжениях на управляющей сетке крутизна характеристики такого пентода относительно велика. С увеличением отрицательного напряжения крутизна уменьшается. Такие пентоды иногда называют пентодами с переменной крутизной или «варимю». Переменная крутизна характеристики достигается тем, что управляющая сетка пентода в средней своей части имеет большее расстояние между витками, чем на краях.

Пентоды с удлиненной характеристикой используются в схемах автоматической регулировки усиления радиоприемников.

Кроме перечисленных выше характеристик, в литературе иногда приводятся зависимости тока управляющей сетки лампы от напряжения на этой сетке. Это — сеточные характеристики.

10-6. ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП

Свойства электронной лампы определяются рядом численных величин, носящих название параметров. Основными из них являются коэффициент усиления μ, крутизна S и внутреннее сопротивление R_i.

Коэффициент усиления μ показывает, во сколько раз сеточное напряжение действует сильнее на величину анодного тока по сравнению с анодным напряжением.

Коэффициент усиления равен отношению приращений анодного напряжения ($\Delta U_а$) и напряжения на управляющей сетке ($\Delta U_с$), вызывающих одинаковые изменения анодного тока,

$$\mu = \frac{\Delta U_а}{\Delta U_с}. \tag{10-1}$$

У триодов различных типов μ имеет значение от 4 до 100, а у высокочастотных пентодов коэффициент усиления очень высок, достигая, например, у 6Ж4 9 000.

Величина μ показывает предельное значение усиления по напряжению, которое теоретически могло бы быть получено при бесконечно большом сопротивлении анодной нагрузки. Практически максимальное усиление каскада усилителя НЧ с триодом не превышает значения 0,6 μ, а каскада с пентодом и тетродом 0,1—0,2 μ.

Крутизна характеристики S — отношение приращения анодного тока к вызвавшему это приращение изменению напряжения на управляющей сетке лампы при неизменных напряжениях на остальных электродах лампы:

$$S = \frac{\Delta I_а}{\Delta U_с}, \tag{10-2}$$

где $\Delta I_а$ — приращение анодного тока, *ма*;

$\Delta U_с$ — приращение напряжения управляющей сетки, *в*.

Таким образом, крутизна характеристики — величина, показывающая на сколько миллиампер изменяется анодный ток при изменении напряжения управляющей сетки на 1 *в*, и выражается в миллиамперах на вольт (*ма/в*).

Крутизна характеристики лампы определяет наклон прямолинейной части анодно-сеточной характеристики лампы, откуда может быть легко определена. Величина S лежит в пределах от десятых долей единицы для батарейных до 12—15 *ма/в* для сетевых ламп. Пентоды последних выпусков имеют крутизну до 30 *ма/в*.

Внутреннее сопротивление лампы R_i определяется как отношение изменения анодного напряжения к вызванному им изменению анодного тока при постоянстве напряжений на остальных электродах:

$$R_i = \frac{\Delta U_а}{\Delta I_а}, \tag{10-3}$$

где $\Delta U_а$ — величина приращения анодного напряжения, *в*;

$\Delta I_а$ — величина приращения анодного тока, *ма*.

Для усилительных триодов величина R_i находится в пределах 300 *ом* — 110 *ком*; для высокочастотных пентодов — от 10 *ком* до 2 *Мом*.

Коэффициент усиления, крутизна характеристики и внутреннее сопротивление связаны между собой следующими соотношениями:

$$\mu = SR_i; \quad S = \frac{\mu}{R_i}; \quad R_i = \frac{\mu}{S}. \tag{10-4}$$

При определении одного из трех параметров по двум известным R_i берется в *ком*, а S — в *ма/в*.

Пример. Изменение анодного тока на 2 *ма* вызвано изменением анодного напряжения на 20 *в*; такое же изменение анодного тока можно получить, изменяя напряжение на управляющей сетке на 0,5 *в*. Тогда

$$R_i = \frac{20\ в}{2\ ма} = 10\ ком;$$

$$S = \frac{2\ ма}{0{,}5\ в} = 4\ ма/в,$$

откуда

$$\mu = SR_i = 4 \cdot 10 = 40.$$

Рассмотренные параметры могут быть определены по характеристикам лампы. Для этого строят на семействе анодных характеристик треугольник ABC (рис. 10-9, *а*). Сторона AB треугольника представляет

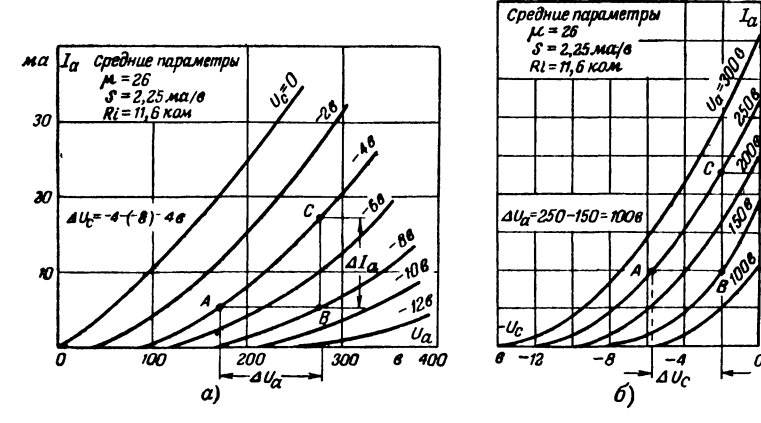


Рис. 10-9. Семейства характеристик триода 6С1П.
а — семейство анодных характеристик; *б* — семейство анодно-сеточных характеристик.

$\Delta U_а$ и равна разности анодных напряжений в точках B и A, т. е. $\Delta U_а = 280 - 170 = 110$ *в*. Значение $\Delta U_с$ определяется путем вычитания сеточного напряжения, соответствующего характеристике, на которой находится точка B, из напряжения, соответствующего характеристике с точками A и C. Характеристика с точкой B снята при сеточном напряжении —8 *в*, а с точками A и C — при напряжении —4 *в*. Следовательно, $\Delta U_с = -4 - (-8) = 4$ *в*. Сторона BC треугольника определяет $\Delta I_а$, численное значение которого находится при вычитании величины анодного тока в точке B из анодного тока в точке C. Для данного случая $\Delta I_а = 16 - 6 = 10$ *ма*.

Определяемые параметры равны:

$$\mu = \frac{\Delta U_а}{\Delta U_с} = \frac{110\ в}{4\ в} \approx 27;$$

$$S = \frac{\Delta I_а}{\Delta U_с} = \frac{10\ ма}{4\ в} \approx 2,5\ ма/в;$$

$$R_i = \frac{\Delta U_а}{\Delta I_а} = \frac{110\ в}{10\ ма} \approx 11\ ком.$$

Некоторая неточность полученных данных по сравнению со средними параметрами, приведенными на рис. 10-9, объясняется криволинейностью рассмотренного участка характеристики. Для получения более точных результатов необходимо строить на линейной части характеристики треугольник меньших размеров.

Параметры μ, S и R_i можно определить и по анодно-сеточной характеристике (рис. 10-9, *б*).

Крутизна преобразования $S_п$ — параметр, показывающий величину тока промежуточной частоты (в миллиамперах), который создается в анодной цепи частотопреобразовательной лампы при подаче на ее управляющую сетку напряжения сигнала 1 *в*; измеряется в *ма/в*.

Оптимальное сопротивление нагрузки $R_а$. Эта величина показательна преимущественно для выходных ламп, так как наибольшую неискаженную мощность можно получить от лампы лишь при определенном значении сопротивления нагрузки $R_а$. Для выходных триодов $R_а = (2 \div 3)\ R_i$, а для лучевых тетродов и пентодов $R_а = (0,08 \div 0,09)\ R_i$.

Выходная мощность $P_{вых}$ — величина, показывающая, какая мощность НЧ может быть получена на анодной нагрузке $R_а$ при заданном коэффициенте нелинейных искажений (см. § 1-2). $P_{вых}$ определяется из формул:

$$P_{вых} = \frac{I_{ma}^2 R_а}{2}; \tag{10-5}$$

$$P_{вых} = \frac{\mu S U_{mc}^2}{9}, \tag{10-6}$$

где I_{ma} — амплитуда переменной составляющей анодного тока, *ма*;
S — крутизна характеристики лампы (берется из таблицы), *ма/в*;
U_{mc} — амплитуда напряжения сигнала, *в*.

Для ламп, используемых в оконечных одноламповых каскадах усиления НЧ, максимальная выходная мощность не превышает 25—50% максимально допустимой мощности рассеяния на аноде (см. § 10-11). Для двухтактных усилителей максимальная выходная мощность может быть больше.

10-7. ЭЛЕКТРОННАЯ ЛАМПА КАК УСИЛИТЕЛЬ

Усилительные свойства электронной лампы проще всего рассмотреть на примере работы триода в схеме простейшего усилителя (рис. 10-10).

Предположим, что в анодную цепь лампы включено сопротивление (сопротивление нагрузки) $R_а = 10$ *ком* и при напряжении смещения

на сетке $U_с = -2$ *в* через лампу протекает анодный ток $I_{а0}$ (ток «покоя»), равный 10 *ма*. Подключим между точками *а* и *б* схемы источник переменного напряжения с амплитудой 1 *в*. Тогда напряжение на сетке лампы (относительно катода) будет периодически (с частотой подводимого переменного напряжения) изменяться от $u_с = -3$ *в* до $u_с = -1$ *в*. Благодаря управляющему действию сетки анодный ток лампы будет меняться в такт (т. е. с той же частотой) с напряжением на сетке. В те моменты времени t, когда напряжение на сетке по абсолютной величине больше напряжения смещения (например, $u_с = -1$ *в*), анодный ток лампы увеличится по сравнению с током покоя. При напряжении на сетке, меньшем по аб-

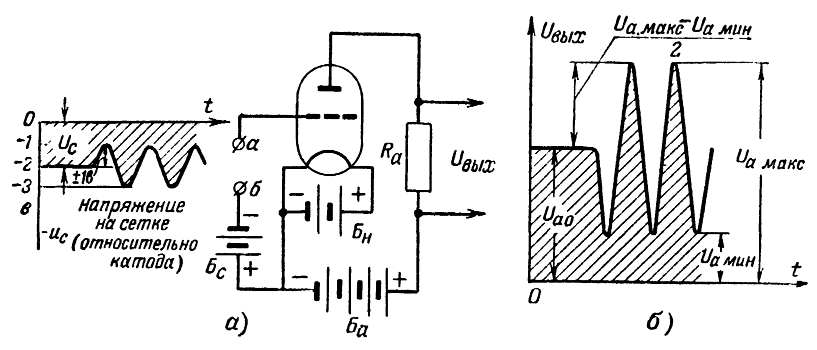


Рис. 10-10. Схема простейшего усилителя *(а)* и график изменения напряжения на сопротивлении нагрузки $R_а$ *(б)*.

солютной величине, чем напряжение смещения ($u_с = -3$ *в*), анодный ток станет меньше тока покоя. В те же моменты времени, когда переменное напряжение, подводимое к сетке, проходит через нуль, ток через лампу равен току покоя (т. е. 10 *ма*).

Допустим, что изменение напряжения на управляющей сетке на 1 *в* вызывает изменение анодного тока на 5 *ма*. Это значит, что анодный ток лампы при напряжении на управляющей сетке $u_с = -1$ *в* будет на 5 *ма* больше величины покоя, а в другой момент времени $u_с = -3$ *в* — на такую же величину меньше тока покоя. Максимальный анодный ток лампы будет равен:

$$i_{а.\,макс} = 10 + 5 = 15\,ма,$$

а минимальный ток

$$i_{а.\,мин} = 10 - 5 = 5\,ма.$$

Из закона Ома следует, что падение напряжения на сопротивлении нагрузки при токе покоя равно:

$$U_{а0} = I_{а0} R_а = 10\,ма \cdot 10\,ком = 100\,в.$$

При максимальном токе

$$u_{а.\,макс} = i_{а.\,макс} R_а = 15\,ма \cdot 10\,ком = 150\,в.$$

При минимальном токе

$$u_{а.\,мин} = i_{а.\,мин} R_а = 5\,ма \cdot 10\,ком = 50\,в.$$

Следовательно, на сопротивлении нагрузки получается переменное напряжение $U_{вых}$ с амплитудой, равной:

$$\frac{u_{а.\,макс} - u_{а.\,мин}}{2} = \frac{150-50}{2} = 50 \text{ в}.$$

Таким образом, с помощью трехэлектродной лампы нам удалось получить усиление напряжения в 50 раз.

10-8. ИНДИКАТОР НАСТРОЙКИ

Индикатор настройки 6Е1П или 6Е5С позволяет производить визуально точную настройку радиоприемника на принимаемые станции (см. § 3-10). Он представляет собой комбинацию триода с люминесцирующим экраном, светящимся зеленым светом под действием потока электронов. Триод лампы и конический экран, внутренняя поверхность которого покрыта окисью цинка (рис. 10-11, *а*), имеют общий подогревный катод, закрытый сверху черным металлическим колпачком. К аноду триода присоединена ножевидная узкая пластина — управляющий электрод, расположенный между экраном и катодом. Экран и анод с управляющим электродом (последние через сопротивление R_2 — рис. 3-19) соединяются с плюсом источника анодного напряжения.

При большом отрицательном напряжении на сетке, когда триод заперт и анодный ток отсутствует, напряжение на аноде (и управляющем электроде) и экране равно напряжению источника питания. Все электроны, испускаемые частью катода, расположенной внутри экрана, попадают на него и заставляют светиться всю поверхность экрана, за исключением участка, загороженного управляющим электродом. На экране образуется узкий затемненный сектор.

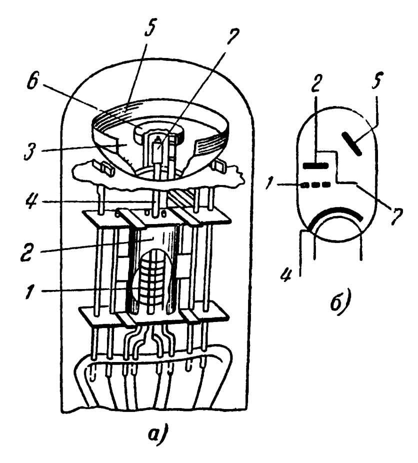


Рис. 10-11. Индикатор настройки
а — устройство; *б* — изображение на схемах;
1 — сетка; *2* — анод; *3* — люминесцирующее покрытие (окись цинка); *4* — катод (подогревный); *5* — экран; *6* — металлический колпачок; *7* — ножевидный управляющий электрод.

Если уменьшить отрицательное напряжение на сетке до появления анодного тока, то напряжение на аноде станет меньше, чем на экране, на величину падения напряжения на сопротивлении R_2 в цепи анода (рис. 3-19). Электрическое поле между экраном и катодом в направлении управляющего электрода ослабляется, и число электронов, попадающих на экран в этом месте, уменьшается (затемненный сектор расширяется). Чем больше разность потенциалов между экраном и управляющим электродом, тем шире затемненный сектор на экране.

10-9. ГАЗОНАПОЛНЕННЫЙ СТАБИЛИТРОН

Стабилитрон (стабилизатор напряжения) применяется в основном для поддержания заданной постоянной величины напряжения в цепях питания радиоаппаратуры. Стабилитрон представляет собой лампу, в стеклянный баллон которой, наполненный инертным газом, помещены два электрода (анод и катод, рис. 10-12). Накаливаемого катода в этой лампе нет, и называется она лампой с «холодным» катодом.

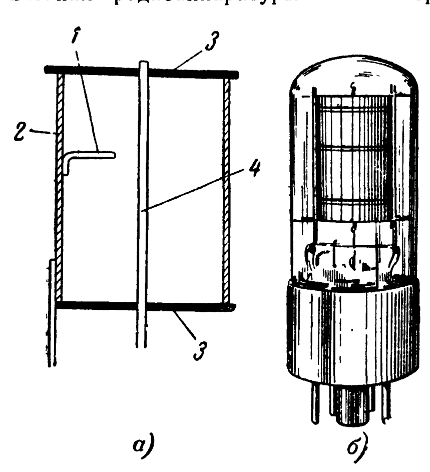


Рис. 10-12. Газонаполненный стабилитрон СГ4С.
а — устройство; *б* — внешний вид; *1* — стержень, облегчающий возникновение разряда; *2* — катод; *3* — слюдяные диски; *4* — анод.

Схема включения стабилитрона показана на рис. 10-13. При подаче между электродами стабилитрона напряжения (называемого н а п р я ж е н и е м з а ж и г а н и я) между анодом и катодом возникает газовый разряд, через стабилитрон начинает протекать ток и газ внутри баллона начинает светиться. После возникновения разряда напряжение на стабилитроне падает до величины, называемой рабочим напряжением или напряжением стабилизации $U_{ст}$.

При изменении напряжения, приложенного к электродам стабилитрона (вызванного, например, изменением напряжения питания), ток через стабилитрон будет меняться. Однако газовый разряд внутри баллона стабилитрона обладает свойством автоматически изменять сопротивление участка анод — катод таким образом, что при уменьшении тока это сопротивление растет, а при увеличении падает.

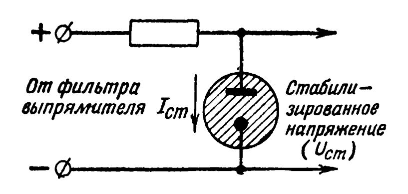


Рис. 10-13. Схема включения стабилитрона.

В результате этого падение напряжения на стабилитроне остается почти постоянным. Нормальный режим работы стабилитрона определяется величиной протекающего через него тока — т о к а с т а б и л и з а ц и и $I_{ст}$, который должен быть в пределах, указанных в справочных данных для каждого типа стабилитрона. Только при этом условии стабилитрон в состоянии поддерживать постоянную величину напряжения на своих электродах.

П р и м е р. Стабилитрон СГ4С обеспечивает постоянное напряжение на своих электродах 150 *в* при токе через него 5 — 30 *ма*.

10-10. БАРЕТТЕР

Бареттер (стабилизатор тока) применяют для поддержания заданной постоянной величины тока в цепях накала ламп, питаемых как постоянным, так и переменным током при изменениях питающего напряжения. Бареттер состоит из металлической нити, помещенной в стеклянный баллон, наполненный водородом (рис. 10-14). При включении бареттера последовательно в цепь, ток в которой нужно стабилизировать, его нить нагревается этим током. Сопротивление нити (в холодном состоянии сравнительно малое) увеличивается при нагревании и ограничивает ток до величины, называемой номинальным током бареттирования или током стабилизации $I_{ст}$. Способность бареттера поддерживать номинальную величину тока в той цепи, где он включен, обеспечивается лишь в том случае, когда напряжение на бареттере не выходит за пределы, называемые пределами бареттирования.

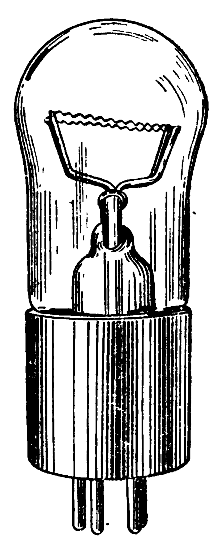


Рис. 10-14. Внешний вид бареттера.

Пример. Бареттер 0,3 Б17-35 поддерживает ток постоянной величины 0,3 *а*, а точнее 0,27—0,33 *а* при изменениях напряжения на бареттере соответственно от 17 до 35 *в* (пределы бареттирования).

10-11. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП, СРОК СЛУЖБЫ

Напряжения и токи в цепях электродов ламп, а также мощности, рассеиваемые на электродах, при которых лампа должна еще нормально работать, называются предельно допустимыми эксплуатационными данными.

Максимально допустимые напряжения на электродах ламп. Для нормальной работы лампы необходимо, чтобы напряжения на отдельных электродах лампы (в основном напряжение накала, напряжения на аноде и экранирующей сетке) не превышали некоторых допустимых значений.

Большинство сетевых приемно-усилительных ламп требует для нормальной работы напряжение накала 6,3 *в*. Но так как в сети переменного тока возможны колебания напряжения, большинство электронных ламп рассчитывается так, чтобы они могли обеспечить нормальную работу радиоустройства при отклонениях напряжения накала на $\pm 10\%$, т. е. от 5,7 до 7 *в*. Большинство батарейных пальчиковых ламп допускает без ущерба для работы отклонения на $+15 \div -25\%$ от их номинального напряжения накала.

Напряжение на аноде и экранирующей сетке для большинства сетевых приемно-усилительных ламп не должно превышать 250—330 *в*. Для батарейных ламп напряжение на аноде не должно превышать 100—140 *в*, а напряжение на экранирующей сетке 75—100 *в*.

Для кенотронов обычно указывают максимально допустимую амплитуду обратного напряжения, т. е. напряжение, которое действует между катодом и анодом кенотрона во время того полупериода, когда анодного тока нет. Амплитуда обратного напряжения превышает эффективное напряжение повышающей обмотки силового трансформатора (половины обмотки в двухполупериодной схеме) примерно в 3 раза (см. § 8-2).

Максимально допустимая мощность рассеяния на аноде $P_а$ показывает, какая выделяемая на аноде мощность является предельно допустимой для лампы. Мощность, рассеиваемая на аноде, в режиме покоя равна произведению величины постоянного напряжения на аноде $U_{а0}$ на постоянную составляющую анодного тока $I_{а0}$:

$$P_а \approx U_{а0} I_{а0}.$$

Выбирая режим работы лампы, необходимо учитывать, чтобы мощность рассеяния на аноде данной лампы не превышала допустимой.

Наибольшее выпрямленное напряжение $U_в$. Эта величина характерна для кенотронов и показывает значение максимального выпрямленного напряжения, которое может быть получено с данной лампой. При использовании однополупериодных и двухполупериодных схем выпрямления выпрямленное напряжение составляет примерно 0,9—1,1 $U_\sim$, где $U_\sim$ — эффективное значение напряжения на повышающей (или половине повышающей — для двухполупериодных схем) обмотке силового трансформатора.

Наибольший выпрямленный ток $I_в$. Определяет величину предельно допустимого значения выпрямленного тока для диода или одного анода кенотрона. Превышение величины $I_в$ приводит к разрушению катода кенотрона и снижению долговечности лампы (срока службы).

Срок службы лампы, или **долговечность**, характеризуется так называемым критерием долговечности, задаваемым обычно по одному из параметров лампы. Это значит, что значение этого параметра лампы изменяется в течение срока службы и к концу его может снизиться до величины, оговоренной в качестве критерия долговечности.

Например, у лампы 6Ж4 критерием долговечности является крутизна характеристики, которая после 500 *ч* работы не должна быть меньше 5,8 *ма/в*.

Лампам не гарантируется индивидуальная долговечность. Заводы-изготовители устанавливают гарантийный срок службы для каждого типа ламп в пределах 500—700 *ч*. Практически большинство электронных ламп нормально работает значительно большие сроки.

10-12. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ В РАДИОАППАРАТУРЕ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ

При конструировании различной аппаратуры рекомендуется использовать в ней пальчиковые электронные лампы. Они меньше по габаритам и обладают в ряде случаев значительно лучшими параметрами, чем металлические и обычные стеклянные лампы. Пальчиковые лампы являются наиболее современными и перспективными.

При эксплуатации электронных ламп всех типов следует соблюдать следующее:

1. Отклонения от напряжения накала от номинального значения

в результате изменений напряжения в сети и других причин не должны превышать предельно допустимых величин. Превышение этих величин (перекал) приводит к повышению температуры катода, к преждевременному разрушению оксидного слоя на нем, т. е. к сокращению срока службы лампы.

Понижение напряжения накала оксидного катода (недокал) особенно опасно, если одновременно с этим поддерживается высокое напряжение анода. В этом случае из-за снижения температуры катода по сравнению с нормальной происходит вырывание электронов с поверхности катода под действием напряжения анода и преждевременное разрушение оксидного слоя катода (потеря эмиссии). Такое явление разрушения катода может произойти также, если лампа находится в таком режиме, когда на ее аноде напряжение есть, а катод по каким-то причинам не накаливается. Это явление вырывания электронов из ненакаленного катода носит название холодной эмиссии.

2. Превышение предельно допустимых значений мощности рассеивания на электродах лампы может привести к резкому возрастанию газоотделения из электродов и к порче оксидного катода этими выделившимися газами.

3. Существенное значение при эксплуатации ламп (особенно имеющих крутизну характеристики более 5—7 *ма/в*) имеет правильный выбор сопротивления в цепи управляющей сетки и способ подачи напряжения на управляющую сетку. Сопротивление в цепи управляющей сетки не должно быть более 0,47 ÷ 1 *Мом*, а для получения напряжения смещения следует использовать схему автоматического смещения.

4. При эксплуатации ламп следует обращать внимание на температуру их баллонов. Перегрев баллонов вызывает повышенное газоотделение из стенок баллона лампы и приводит к преждевременному сокращению срока ее службы. Поэтому при выборе расположения деталей радиоаппаратуры необходимо учитывать условия охлаждения ламп. Лампы следует располагать на шасси, подальше от силового трансформатора и других нагревающихся деталей. В корпусе радиоустройства (например, в задней стенке приемника) необходимо делать вентиляционные отверстия для хорошей циркуляции воздуха, что способствует снижению температуры баллонов ламп и других деталей. Металлические экраны для пальчиковых ламп следует использовать лишь тогда, когда это необходимо. Экранируются обычно лампы, работающие в высокочастотных каскадах радиоприемников и лампы первых каскадов усилителей НЧ.

10-13. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МОНТАЖУ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП

При эксплуатации ламп с катодом прямого накала следует применять батареи накала, напряжение которых не превышало бы номинального значения напряжения накала более чем на 15%. Например, лампы с напряжением накала 1,2 *в* можно присоединять к свежим элементам с э. д. с. 1,4 *в*. Общую точку источников питания цепей анодов и управляющих сеток ламп следует подключать к отрицательному полюсу батареи, питающей цепи накала.

Лампы прямого накала 5Ц3С, 6Н5С и 6С4С, имеющие сравнительно длинную нить накала, следует монтировать только в вертикальном положении. Раскаленная нить, удлиняясь при нагревании, может при работе в горизонтальном положении провиснуть и замкнуться с другими электро-

дами. Лампы, имеющие катоды косвенного накала, можно монтировать в любом положении.

Контактные лепестки в панельках для пальчиковых ламп не имеют жесткого крепления, поэтому монтаж деталей и проводников к ним следует вести при вставленных в панельки лампах (можно использовать неисправные лампы). Лампы необходимо вынимать и вставлять в панели очень аккуратно.

При монтаже аппаратуры с применением сверхминиатюрных ламп недопустимо сгибать выводы, паять их или зажимать под винт на расстоянии менее 5 *мм* от баллона лампы, так как возможно появление трещин и сколов в стекле баллона лампы. Пайку выводов желательно производить кратковременно, чтобы избежать повреждения баллона лампы от нагревания в месте спая металла со стеклом. Рекомендуется при пайке выводов придерживать их плоскогубцами или пинцетом, который является теплоотводом и препятствует распространению тепла по выводным проводникам к баллону лампы. Во избежание изгибов и натяжений выводов сверхминиатюрные лампы следует крепить за баллоны при помощи резиновых держателей или металлических пружинящих хомутов.

Загрязнение стекла между выводами лампы может привести к снижению сопротивления изоляции. Промывать стекло следует чистой водой или спиртом при помощи щеточки.

10-14. МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫМИ ПРИБОРАМИ

Лампы, работающие в оконечных каскадах радиоаппаратуры, 6П3С, 6П9, 6П14П и др., а также кенотроны 5Ц4М, 5Ц3С в процессе работы нагреваются до температуры 150—170° С, и прикосновение рукой к баллонам таких ламп может принести сильный ожог.

Высоковольтные кенотроны 1Ц1С, 1Ц7С, 1Ц11П и др., а также выходные и генераторные тетроды 6П7, Г-807 и др. имеют на баллонах выводные колпачки, находящиеся во время работы под высоким напряжением, опасным для жизни.

Особую осторожность нужно соблюдать при обращении с кинескопами, так как не только колпачок вывода анода, но и металлизованное покрытие конуса кинескопа находится под напряжением 15—20 *кв*. Такое напряжение может вызвать поражение током не только при непосредственном прикосновении к нему, но и на небольшом расстоянии за счет пробоя воздушного промежутка. При замене кинескопа, сразу после выключения схемы необходимо снять заряд с вывода анода и конуса металлостеклянной трубки. Это делается с помощью изолированного проводника длиной 25—30 *см*. Сначала один его конец соединяют с шасси телевизора, а затем другим концом прикасаются к колпачку кинескопа.

10-15. ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

Около 80% всех случаев нарушения правильной работы радиоаппаратуры возникают из-за неисправностей ламп: обрыва нити накала, потери эмиссии, короткого замыкания между электродами, слабого крепления электродов, нарушения контактов и плохого вакуума.

Работоспособность ламп определяют внимательным наружным осмотром и проверкой с помощью простейших измерительных приборов.

Осмотр ламп. Наружный осмотр позволяет обнаружить неисправность у ламп стеклянной серии, в основном во время их работы. При исправной нити накала ее свечение отчетливо просматривается через баллон лампы. О неисправности нити накала металлической лампы можно судить по температуре баллона, который обычно нагревается через 3—4 *мин* после включения. Если баллон остается холодным, это указывает на обрыв нити накала.

Наличие газа в лампе обнаруживается по голубому свечению, которое заполняет весь баллон. При нарушении вакуума темное зеркальное покрытие на баллоне лампы приобретает молочный оттенок.

Покраснение анода или пробой между электродами (проскакивание искры между электродами) также легко просматривается через стеклянный баллон лампы и может происходить не только из-за неисправности самой лампы, но и из-за наличия дефектов в схеме.

Наличие плохих контактов в лампе приводит к колебаниям анодного тока и часто обнаруживается в виде тресков или щелчков.

Кинескопам присущи все неисправности ламп, к которым добавляются лишь износ или выгорание материала экрана. При выгорании материала экрана и при уменьшении тока эмиссии яркость свечения экрана снижается. Полное прекращение свечения экрана происходит лишь при обрыве нити накала и потере эмиссии. Обрыв нити накала может быть установлен путем внешнего осмотра, как и в обычных лампах. Относительно частой неисправностью кинескопа является обрыв катодного вывода. В этом случае на экране кинескопа видна только часть изображения, а часть экрана затемнена и яркость свечения становится очень слабой. Чтобы убедиться, что неисправность действительно заключается в обрыве катода, нужно соединить штырек вывода катода на цоколе кинескопа с любым из штырьков накала. Если при этом начинает светиться вся поверхность экрана, то вывод катода оборван.

Если наружным осмотром не удалось выявить неисправную лампу, следует попробовать поочередную замену всех ламп радиоаппарата на заведомо хорошие лампы.

Проверка ламп с помощью омметра или пробника. Проверку целостности нити накала производят так: присоединяют щупы прибора к выводным штырькам нити накала лампы на цоколе, и если лампа исправна, то стрелка прибора при этом отклонится. У большинства приемно-усилительных ламп, имеющих напряжение накала 6,3 *в*, сопротивление нити накала в холодном состоянии равно 2—5 *ом*.

Междуэлектродные замыкания можно определить путем последовательной проверки сопротивления между каждой парой выводных штырьков лампы. Однако этот способ проверки не дает исчерпывающего результата, так как нередко междуэлектродное замыкание в лампе происходит только при работе, т. е. в нагретом состоянии.

10-16. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ

В этом параграфе приводятся схемы соединения электродов электровакуумных приборов со штырьками, контактными колпачками и выводами других конструкций, а также параметры этих приборов с указанием номинальных режимов, при которых эти параметры измеряются (в соответствии с Государственными стандартами или техническими условиями на электровакуумные приборы). Эти режимы указаны около соответствующих электродов в виде дроби, числитель которой показывает напря-

жение электрода относительно катода, а знаменатель — ток электрода. Для некоторых ламп вместо напряжения смещения на управляющей сетке указана величина сопротивления $R_к$, включаемого между катодом и общим заземленным проводом (сопротивление автоматического смещения). Для комбинированных ламп — двойных триодов и тетродов — параметры указываются для одной половины лампы (т. е. для одного триода или одного тетрода). Потенциал защитных сеток пентодов относительно катодов равен нулю. Помимо этого, указывается основное назначение каждого прибора.

В справочных данных кинескопов для модулятора (первая сетка от катода) указывается величина запирающего отрицательного напряжения, т. е. напряжения, при котором исчезает изображение на экране кинескопа. Кинескопы, помеченные значком *, требуют внешнего корректирующего магнита. Нумерация штырьков цоколевки ламп соответствует виду на цоколь лампы снизу. Порядковый счет выводов сверхминиатюрных ламп ведется от цветной метки на баллоне лампы.

При работе электровакуумных приборов в аппаратуре фактические режимы (кроме напряжения накала) могут существенно отличаться от номинальных. Они зависят от параметров схемы. Даже при номинальных напряжениях на аноде и сетках, токи анода и экранирующей сетки могут быть совершенно иной величины (отличной от указанной в справочнике). Это замечание особенно касается каскадов усиления НЧ на сопротивлениях.

Величины выходных мощностей, приводимые в рекомендованных режимах, даны без учета потерь в выходных трансформаторах, поэтому мощности, которые может отдать нагрузке каскад с соответствующей электронной лампой, работающей в номинальном режиме, будут несколько меньше указанных.

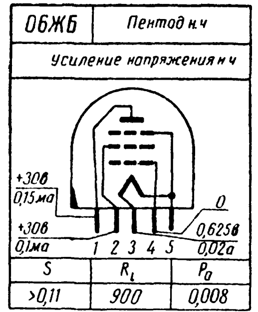
Напряжения, указанные около выводов анодов, диодов и кенотронов, являются эффективными (действующие величины).

Сокращения и условные обозначения

S — средняя крутизна характеристики лампы в указанном режиме, (наименьшая, когда перед числом стоит знак $>$); *ма/в*;
$S_п$ — средняя крутизна преобразования, *ма/в*;
$S_г$ — средняя крутизна гетеродинной части лампы, *ма/в*;
$S_т$ — средняя крутизна триодной части лампы, *ма/в*;
R_i — средняя величина внутреннего сопротивления, *ком*;
μ — средняя величина коэффициента усиления;
$R_а$ — эквивалентное сопротивление анодной нагрузки, *ком*;
$P_а$ — максимальная допустимая мощность, рассеиваемая на аноде, *вт*;
$P_{вых}$ — выходная (полезная) мощность, *вт*;
$U_{обр}$ — предельно допустимое обратное напряжение (для кенотрона).
$U_в$ — наибольшее выпрямленное напряжение, *в*;
$I_в$ — наибольший выпрямленный ток (на один анод), *ма*;
$U_{ст}$ — напряжение стабилизации (для стабилизаторов тока — напряжения начала и конца стабилизации), *в*;
$I_{ст}$ — ток стабилизации, *ма*;
Т — триод;
П — пентод;
в.ч. — высокая частота;
с.в.ч.— сверхвысокая частота;
н.ч. — низкая частота.

06Ж6 | Пентод н.ч

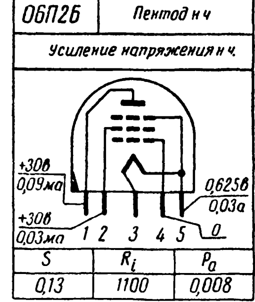
Усиление напряжения н ч



S	R_i	P_a
>0,11	900	0,008

06П2Б | Пентод н ч

Усиление напряжения н ч.



S	R_i	P_a
0,13	1100	0,008

1А1П | Гептод-преобразователь

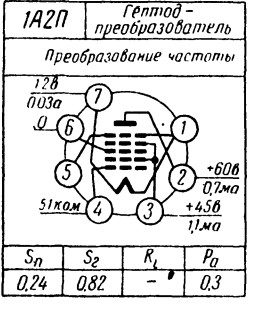
Преобразование частоты

1,2в
0,06а
0
0,1Мом
+90в
0,64ма
+45в

$S_п$	$S_г$	R_i	P_a
0,25	0,82	–	–

1А2П | Гептод-преобразователь

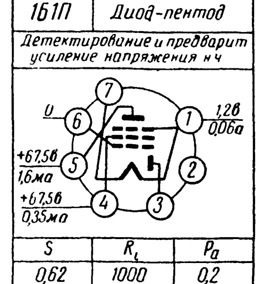
Преобразование частоты



$S_п$	$S_г$	R_i	P_a
0,24	0,82	–	0,3

1Б1П | Диод-пентод

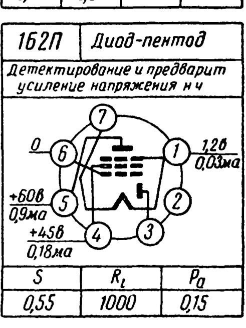
Детектирование и предварит усиление напряжения н ч



S	R_i	P_a
0,62	1000	0,2

1Б2П | Диод-пентод

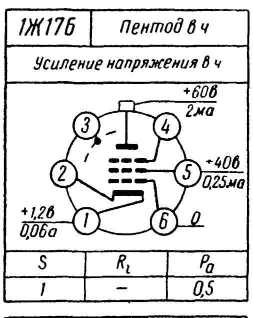
Детектирование и предварит усиление напряжения н ч



S	R_i	P_a
0,55	1000	0,15

1Ж17Б | Пентод в ч

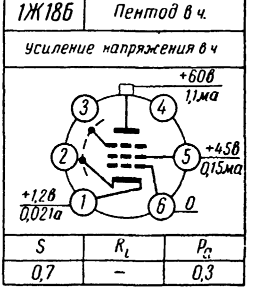
Усиление напряжения в ч



S	R_i	P_a
1	–	0,5

1Ж18Б | Пентод в ч.

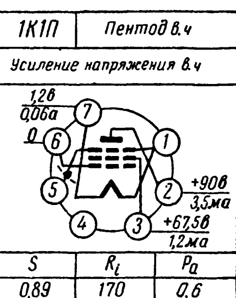
Усиление напряжения в ч



S	R_i	P_a
0,7	–	0,3

1К1П | Пентод в.ч

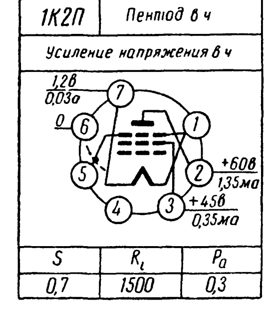
Усиление напряжения в.ч



S	R_i	P_a
0,89	170	0,6

1К2П | Пентод в ч

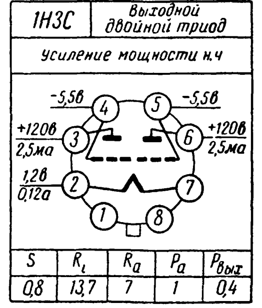
Усиление напряжения в ч



S	R_i	P_a
0,7	1500	0,3

1Н3С | Выходной двойной триод

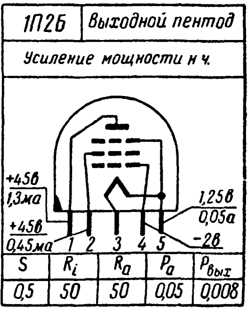
Усиление мощности н.ч



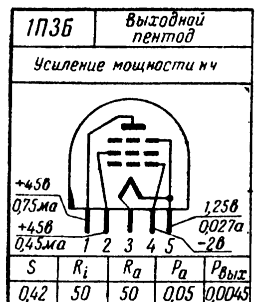
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
0,8	13,7	7	1	0,4

1П2Б | Выходной пентод

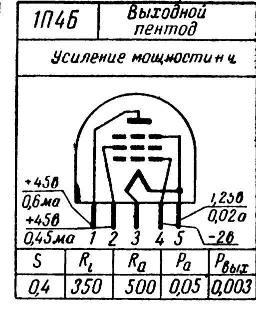
Усиление мощности н ч.



S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
0,5	50	50	0,05	0,008



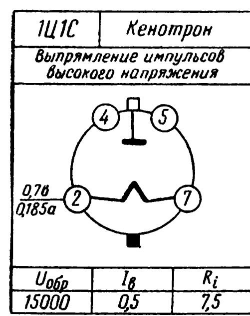
1П3Б	Выходной пентод			
Усиление мощности н ч				
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
0,42	50	50	0,05	0,0045



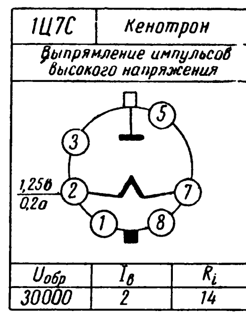
1П4Б	Выходной пентод			
Усиление мощности н ч				
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
0,4	350	500	0,05	0,003

1С12П	Триод в.ч		
Усиление и преобразование колебаний в ч			
S_n	S	μ	P_a
0,35	0,87	16	0,25

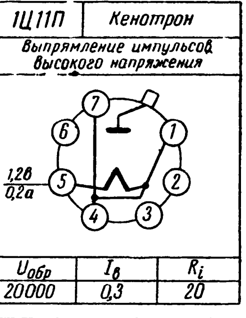
(Цоколёвка: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7; -1в; +60в 1,4ма; +1,2в 0,03а)



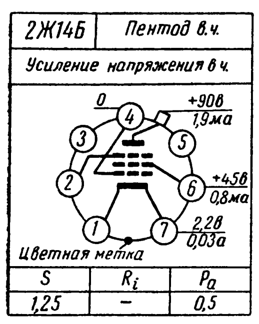
1Ц1С	Кенотрон	
Выпрямление импульсов высокого напряжения		
$U_{обр}$	$I_в$	R_i
15000	0,5	7,5



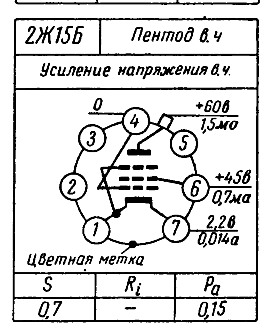
1Ц7С	Кенотрон	
Выпрямление импульсов высокого напряжения		
$U_{обр}$	$I_в$	R_i
30000	2	14



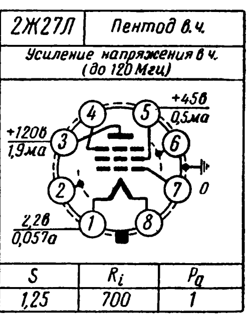
1Ц11П	Кенотрон	
Выпрямление импульсов высокого напряжения		
$U_{обр}$	$I_в$	R_i
20000	0,3	20



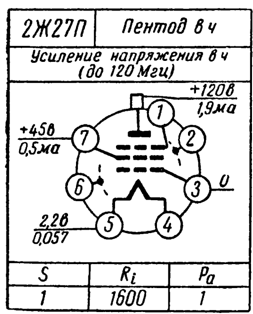
2Ж14Б	Пентод в.ч.	
Усиление напряжения в ч.		
S	R_i	P_a
1,25	–	0,5



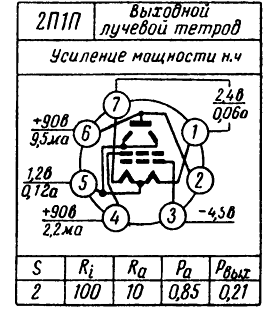
2Ж15Б	Пентод в.ч	
Усиление напряжения в.ч.		
S	R_i	P_a
0,7	–	0,15



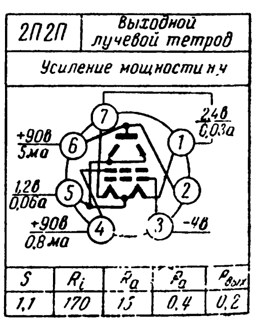
2Ж27Л	Пентод в.ч.	
Усиление напряжения в ч. (до 120 Мгц)		
S	R_i	P_a
1,25	700	1



2Ж27П	Пентод в ч	
Усиление напряжения в ч (до 120 Мгц)		
S	R_i	P_a
1	1600	1



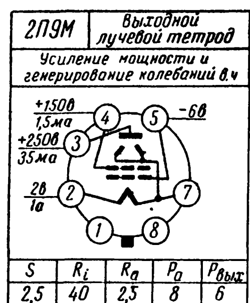
2П1П	Выходной лучевой тетрод			
Усиление мощности н.ч				
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2	100	10	0,85	0,21



2П2П	Выходной лучевой тетрод			
Усиление мощности н.ч				
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
1,1	170	1,5	0,4	0,2

2П9М | Выходной лучевой тетрод

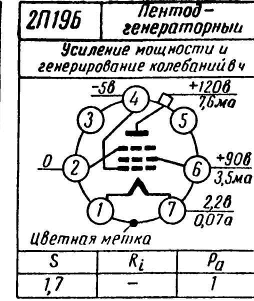
Усиление мощности и генерирование колебаний в.ч



S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2,5	40	2,5	8	6

2П19Б | Пентод-генераторный

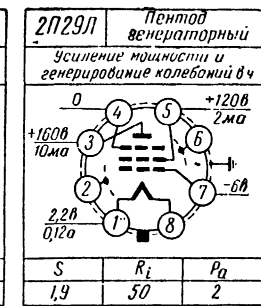
Усиление мощности и генерирование колебаний в ч



S	R_i	P_a
1,7	–	1

2П29Л | Пентод генераторный

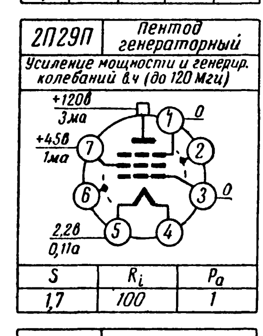
Усиление мощности и генерирование колебаний в ч



S	R_i	P_a
1,9	50	2

2П29П | Пентод генераторный

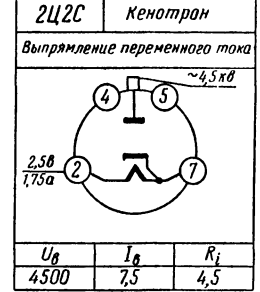
Усиление мощности и генерир. колебаний в.ч (до 120 Мгц)



S	R_i	P_a
1,7	100	1

2Ц2С | Кенотрон

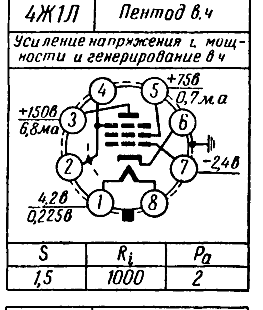
Выпрямление переменного тока



$U_в$	$I_в$	R_i
4500	7,5	4,5

4Ж1Л | Пентод в.ч

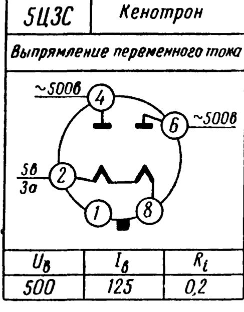
Усиление напряжения и мощности и генерирование в ч



S	R_i	P_a
1,5	1000	2

5Ц3С | Кенотрон

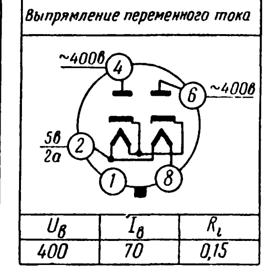
Выпрямление переменного тока



$U_в$	$I_в$	R_i
500	125	0,2

5Ц4М | Кенотрон

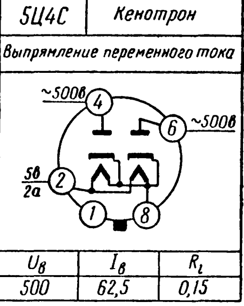
Выпрямление переменного тока



$U_в$	$I_в$	R_i
400	70	0,15

5Ц4С | Кенотрон

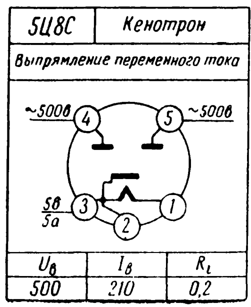
Выпрямление переменного тока



$U_в$	$I_в$	R_i
500	62,5	0,15

5Ц8С | Кенотрон

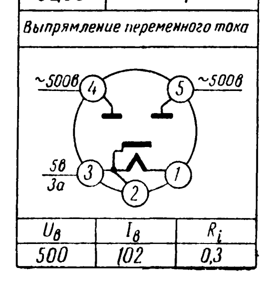
Выпрямление переменного тока



$U_в$	$I_в$	R_i
500	210	0,2

5Ц9С | Кенотрон

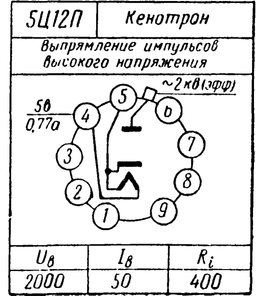
Выпрямление переменного тока



$U_в$	$I_в$	R_i
500	102	0,3

5Ц12П | Кенотрон

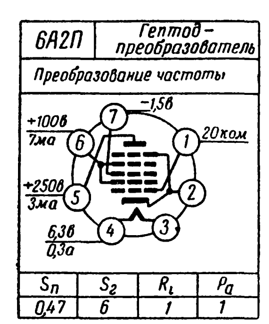
Выпрямление импульсов высокого напряжения



$U_в$	$I_в$	R_i
2000	50	400

6А2П — Гептод-преобразователь

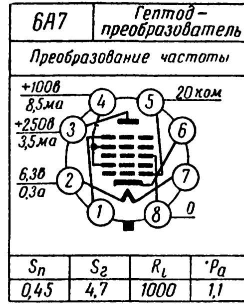
Преобразование частоты



$S_п$	$S_г$	R_i	P_a
0,47	6	1	1

6А7 — Гептод-преобразователь

Преобразование частоты



$S_п$	$S_г$	R_i	P_a
0,45	4,7	1000	1,1

6А8 — Гептод-преобразователь

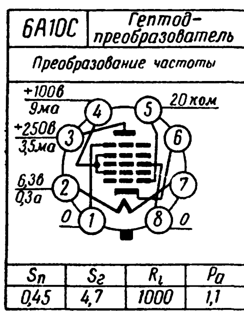
Преобразование частоты

+100в 2,7ма; 0в; −3в; +250в 3,5ма; 6,3в 0,3а

$S_п$	$S_г$	R_i	P_a
0,55	–	360	1

6А10С — Гептод-преобразователь

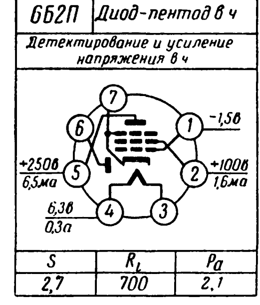
Преобразование частоты



$S_п$	$S_г$	R_i	P_a
0,45	4,7	1000	1,1

6Б2П — Диод-пентод в ч

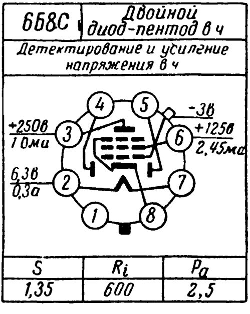
Детектирование и усиление напряжения в ч



S	R_i	P_a
2,7	700	2,1

6Б8С — Двойной диод-пентод в ч

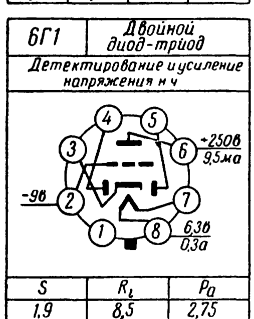
Детектирование и усилгние напряжения в ч



S	R_i	P_a
1,35	600	2,5

6Г1 — Двойной диод-триод

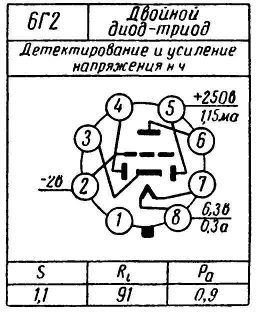
Детектирование и усиление напряжения н ч



S	R_i	P_a
1,9	8,5	2,75

6Г2 — Двойной диод-триод

Детектирование и усиление напряжения н ч



S	R_i	P_a
1,1	91	0,9

6Г3П — Тройной диод-триод

Детектирование АМ и ЧМ сигналов и усиление н ч

+250в 1ма; −3в; 6,3в 0,45а

$S_т$	$R_{iт}$	$P_{aт}$
1,3	48	1

6Г7 — Двойной диод-триод

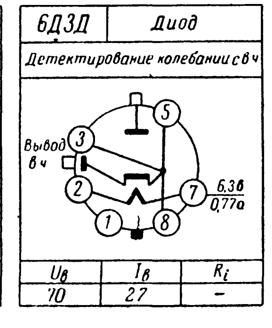
Детектирование и усиление напряжения н ч

−3в; +250в 1,4ма; 6,3в 0,3а

S	R_i	P_a
1,3	54	1

6Д3Д — Диод

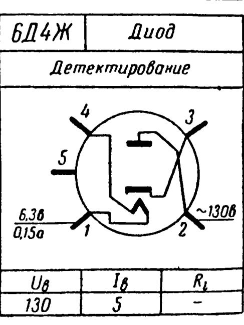
Детектирование колебаний с в ч



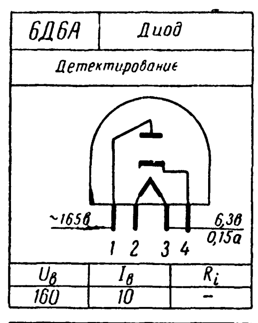
$U_в$	$I_в$	R_i
70	27	–

6Д4Ж — Диод

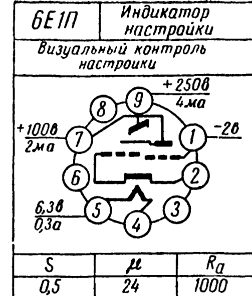
Детектирование



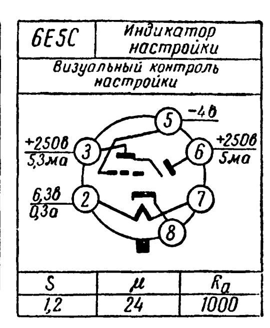
$U_в$	$I_в$	R_i
130	5	–



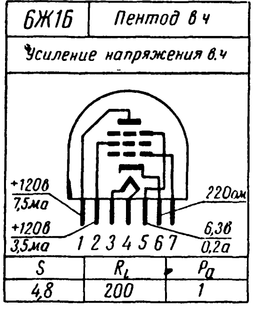
$U_в$	$I_в$	R_i
160	10	–



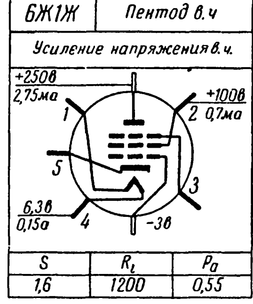
S	μ	R_a
0,5	24	1000



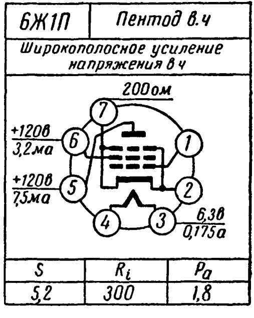
S	μ	R_a
1,2	24	1000



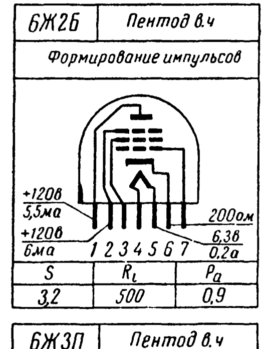
S	R_i	P_a
4,8	200	1



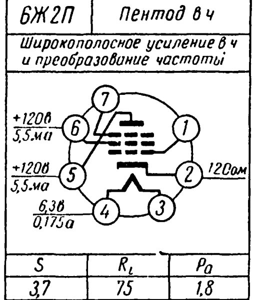
S	R_i	P_a
1,6	1200	0,55



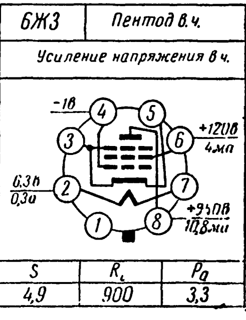
S	R_i	P_a
5,2	300	1,8



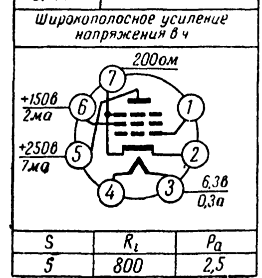
S	R_i	P_a
3,2	500	0,9



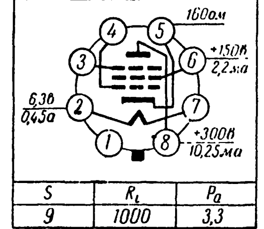
S	R_i	P_a
3,7	7,5	1,8



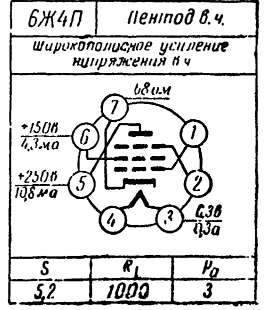
S	R_i	P_a
4,9	900	3,3



S	R_i	P_a
5	800	2,5



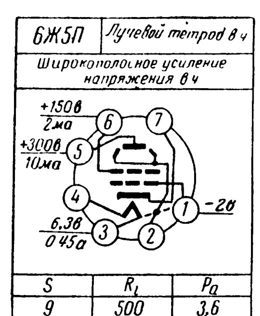
S	R_i	P_a
9	1000	3,3



S	R_i	P_a
5,2	1000	3

6Ж5П — Лучевой тетрод в ч

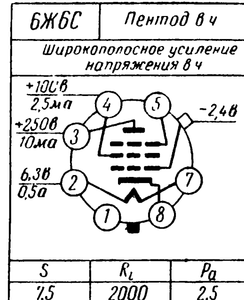
Широкополосное усиление напряжения в ч



S	R_i	P_a
9	500	3,6

6Ж6С — Пентод в ч

Широкополосное усиление напряжения в ч



S	R_i	P_a
7,5	2000	2,5

6Ж7 — Пентод в.ч

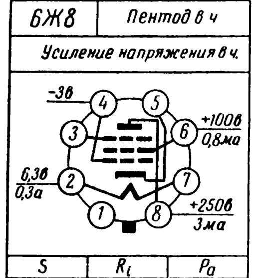
Усиление напряжения в ч

+100в
0,6ма
+250в
2,1ма
-3в
6,3в
0,3а

S	R_i	P_a
1,2	1200	0,8

6Ж8 — Пентод в ч

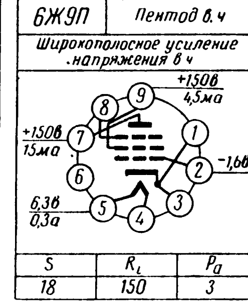
Усиление напряжения в ч.



S	R_i	P_a
1,65	1000	2,8

6Ж9П — Пентод в.ч

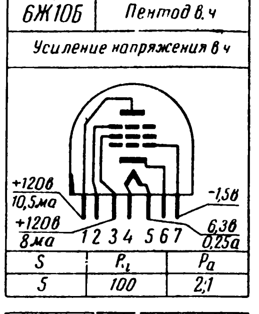
Широкополосное усиление напряжения в ч



S	R_i	P_a
18	150	3

6Ж10Б — Пентод в.ч

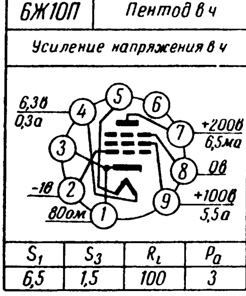
Усиление напряжения в ч



S	R_i	P_a
5	100	2,1

6Ж10П — Пентод в ч

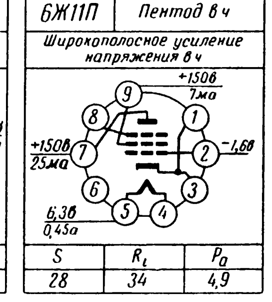
Усиление напряжения в ч



S_1	S_3	R_i	P_a
6,5	1,5	100	3

6Ж11П — Пентод в ч

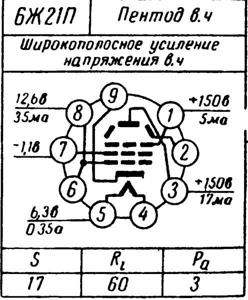
Широкополосное усиление напряжения в ч



S	R_i	P_a
28	34	4,9

6Ж21П — Пентод в.ч

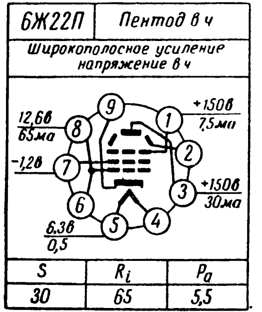
Широкополосное усиление напряжения в.ч



S	R_i	P_a
17	60	3

6Ж22П — Пентод в ч

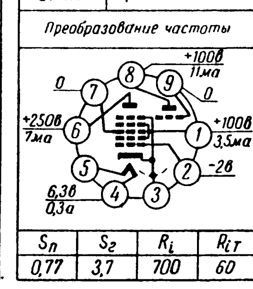
Широкополосное усиление напряжение в ч



S	R_i	P_a
30	65	5,5

6И1П — Триод-гептод

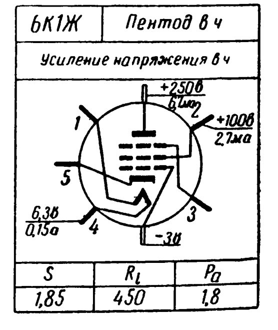
Преобразование частоты



$S_п$	$S_г$	R_i	R_{iT}
0,77	3,7	700	60

6К1Ж — Пентод в ч

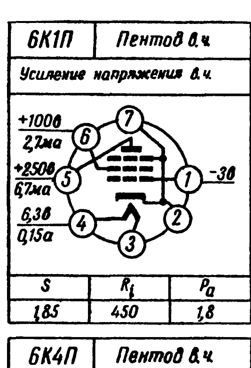
Усиление напряжения в ч



S	R_i	P_a
1,85	450	1,8

6К1П — **Пентод в.ч.**

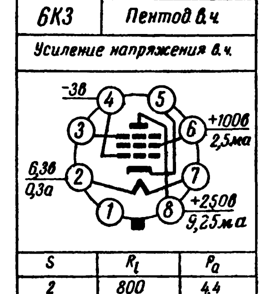
Усиление напряжения в.ч.



S	R_i	P_a
1,85	450	1,8

6К3 — **Пентод в.ч.**

Усиление напряжения в.ч.



S	R_i	P_a
2	800	4,4

6К4 — **Пентод в.ч.**

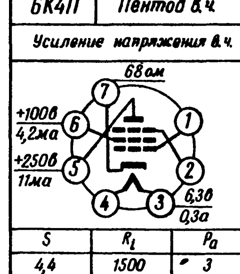
Усиление напряжения в.ч.

-1в
+125в
4,4ма
6,3в
0,3а
+250в
11,8ма

S	R_i	P_a
4,7	900	3,3

6К4П — **Пентод в.ч.**

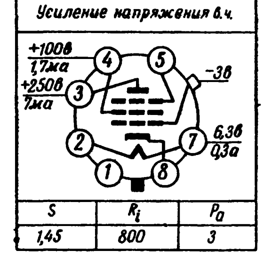
Усиление напряжения в.ч.



S	R_i	P_a
4,4	1500	3

6К7 — **Пентод в.ч.**

Усиление напряжения в.ч.



S	R_i	P_a
1,45	800	3

6К9С — **Пентод в.ч.**

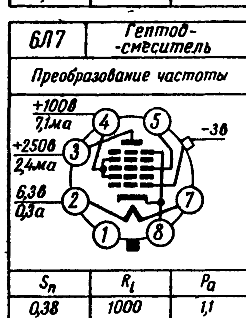
Усиление напряжения в.ч.

+100в
2,5ма
+250в
9,25ма
6,3в
0,3а
-3в

S	R_i	P_a
2	800	4,4

6Л7 — **Гептод-смеситель**

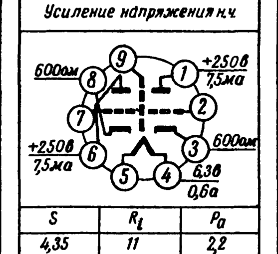
Преобразование частоты



$S_п$	R_i	P_a
0,38	1000	1,1

6Н1П — **Двойной триод**

Усиление напряжения н.ч.



S	R_i	P_a
4,35	11	2,2

6Н2П — **Двойной триод**

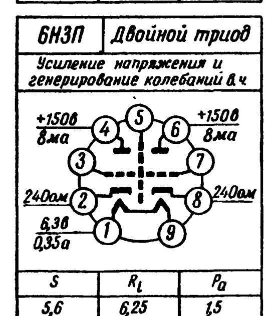
Усиление напряжения н.ч.

+250в
2,3ма
-1,5в
6,3в
0,345а

S	R_i	P_a
2	49	1

6Н3П — **Двойной триод**

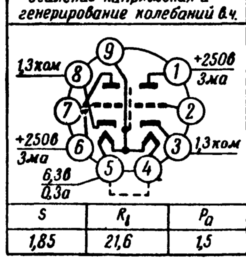
Усиление напряжения и генерирование колебаний в.ч.



S	R_i	P_a
5,6	6,25	1,5

6Н4П — **Двойной триод**

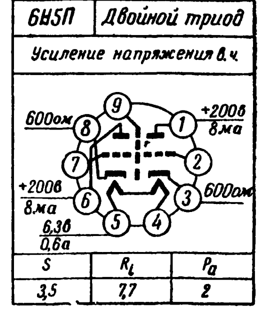
Усиление напряжения и генерирование колебаний в.ч.



S	R_i	P_a
1,85	21,6	1,5

6Н5П — **Двойной триод**

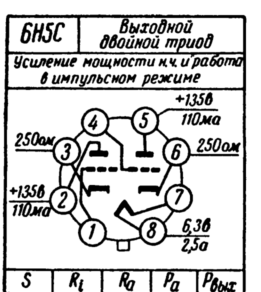
Усиление напряжения в.ч.



S	R_i	P_a
3,5	7,7	2

6Н5С — Выходной двойной триод

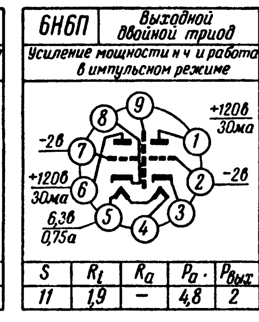
Усиление мощности н.ч. и работа в импульсном режиме



S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
6,7	0,46	–	13	–

6Н6П — Выходной двойной триод

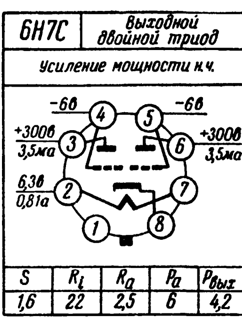
Усиление мощности н.ч. и работа в импульсном режиме



S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
11	1,9	–	4,8	2

6Н7С — Выходной двойной триод

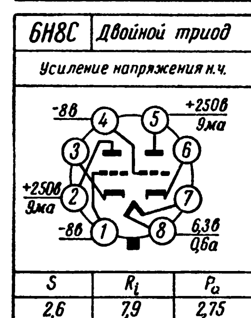
Усиление мощности н.ч.



S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
1,6	22	2,5	6	4,2

6Н8С — Двойной триод

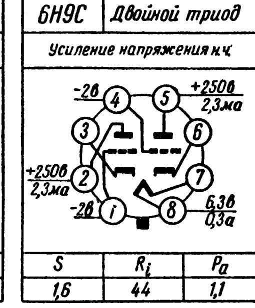
Усиление напряжения н.ч.



S	R_i	P_a
2,6	7,9	2,75

6Н9С — Двойной триод

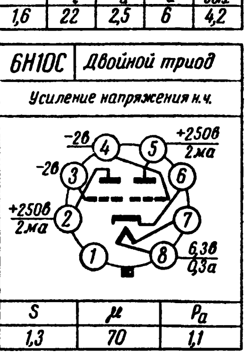
Усиление напряжения н.ч.



S	R_i	P_a
1,6	44	1,1

6Н10С — Двойной триод

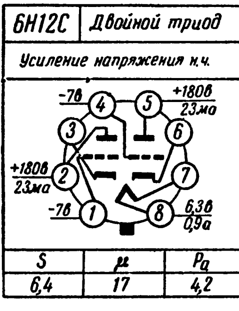
Усиление напряжения н.ч.



S	μ	P_a
1,3	70	1,1

6Н12С — Двойной триод

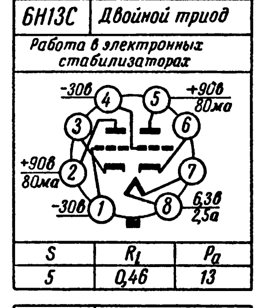
Усиление напряжения н.ч.



S	μ	P_a
6,4	17	4,2

6Н13С — Двойной триод

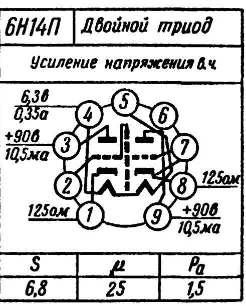
Работа в электронных стабилизаторах



S	R_i	P_a
5	0,46	13

6Н14П — Двойной триод

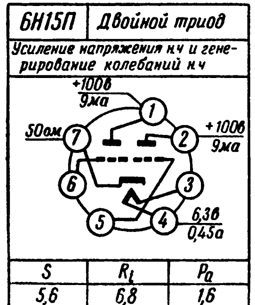
Усиление напряжения в.ч.



S	μ	P_a
6,8	25	1,5

6Н15П — Двойной триод

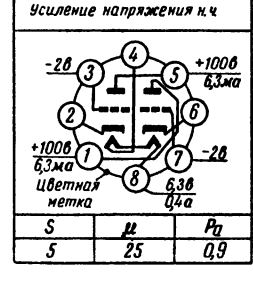
Усиление напряжения н.ч и генерирование колебаний н.ч



S	R_i	P_a
5,6	6,8	1,6

6Н16Б — Двойной триод

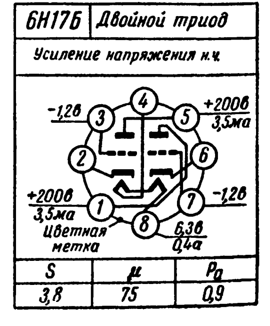
Усиление напряжения н.ч



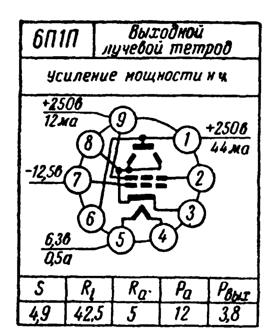
S	μ	P_a
5	25	0,9

6Н17Б — Двойной триод

Усиление напряжения н.ч.



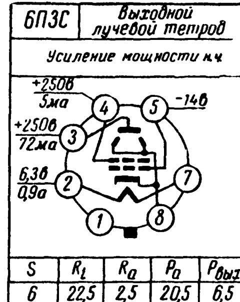
S	μ	P_a
3,8	75	0,9



6П1П — Выходной лучевой тетрод

Усиление мощности н.ч.

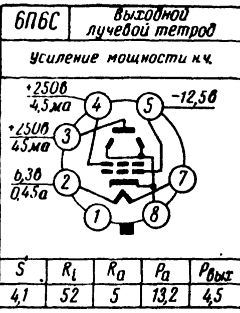
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
4,9	42,5	5	12	3,8



6П3С — Выходной лучевой тетрод

Усиление мощности н.ч.

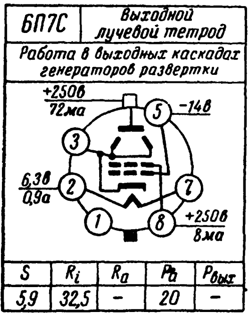
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
6	22,5	2,5	20,5	6,5



6П6С — Выходной лучевой тетрод

Усиление мощности н.ч.

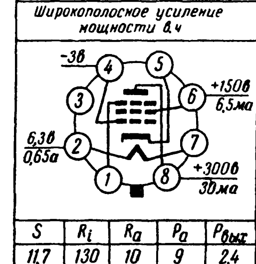
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
4,1	52	5	13,2	4,5



6П7С — Выходной лучевой тетрод

Работа в выходных каскадах генераторов развертки

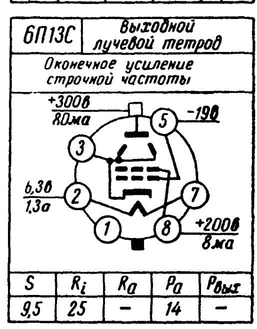
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
5,9	32,5	–	20	–



6П9 — Выходной пентод

Широкополосное усиление мощности в.ч

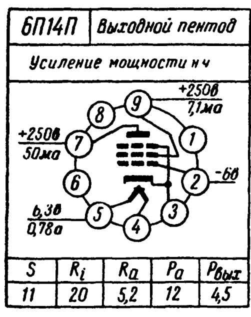
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
11,7	130	10	9	2,4



6П13С — Выходной лучевой тетрод

Оконечное усиление строчной частоты

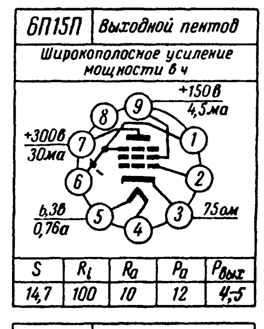
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
9,5	25	–	14	–



6П14П — Выходной пентод

Усиление мощности н.ч

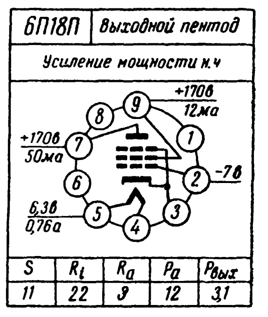
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
11	20	5,2	12	4,5



6П15П — Выходной пентод

Широкополосное усиление мощности в.ч

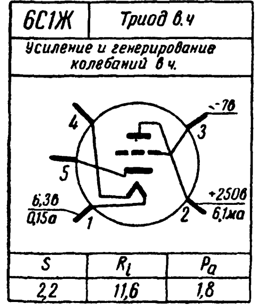
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
14,7	100	10	12	4–5



6П18П — Выходной пентод

Усиление мощности н.ч

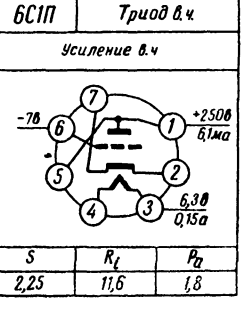
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
11	22	3	12	3,1



6С1Ж — Триод в.ч

Усиление и генерирование колебаний в.ч.

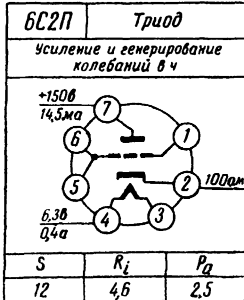
S	R_i	P_a
2,2	11,6	1,8



6С1П — Триод в.ч.

Усиление в.ч

S	R_i	P_a
2,25	11,6	1,8



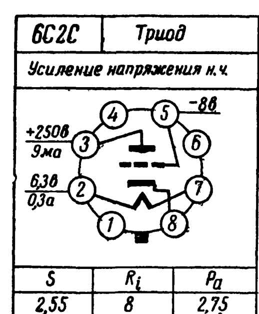
6С2П — Триод

Усиление и генерирование колебаний в.ч

S	R_i	P_a
12	4,6	2,5

6С2С — Триод

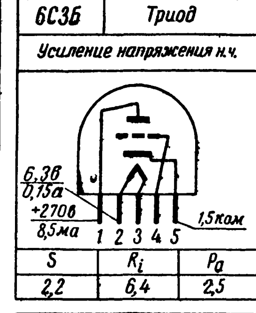
Усиление напряжения н.ч.



S	R_i	P_a
2,55	8	2,75

6С3Б — Триод

Усиление напряжения н.ч.



S	R_i	P_a
2,2	6,4	2,5

6С3П — Триод

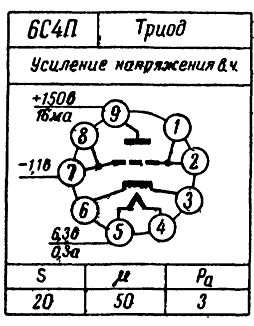
Усиление напряжения в.ч.

+150в
16ма
−1,1в
6,3в
0,3а

S	μ	P_a
20	50	3

6С4П — Триод

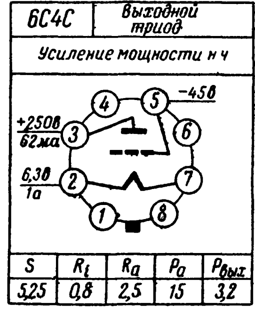
Усиление напряжения в.ч.



S	μ	P_a
20	50	3

6С4С — Выходной триод

Усиление мощности н.ч.



S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
5,25	0,8	2,5	15	3,2

6С5Д — Триод

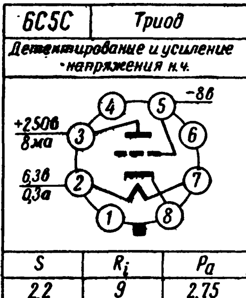
Генерирование колебаний в.ч

+250в
15ма
Вывод в.ч
6,3в
0,77а
200ом

S	R_i	P_a
4,75	9	6,5

6С5С — Триод

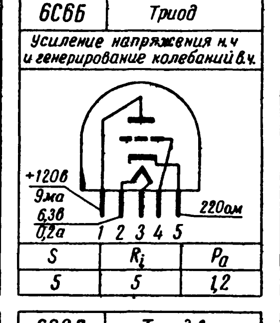
Детектирование и усиление напряжения н.ч.



S	R_i	P_a
2,2	9	2,75

6С6Б — Триод

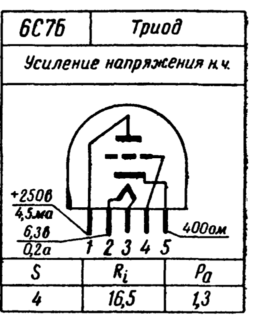
Усиление напряжения н.ч и генерирование колебаний в.ч.



S	R_i	P_a
5	5	1,2

6С7Б — Триод

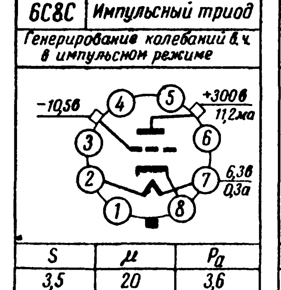
Усиление напряжения н.ч.



S	R_i	P_a
4	16,5	1,3

6С8С — Импульсный триод

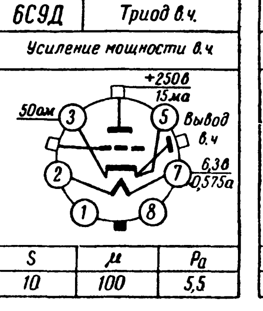
Генерирование колебаний в.ч. в импульсном режиме



S	μ	P_a
3,5	20	3,6

6С9Д — Триод в.ч.

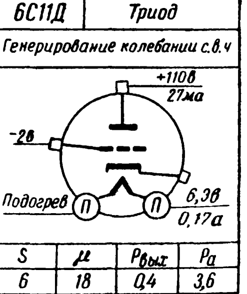
Усиление мощности в.ч



S	μ	P_a
10	100	5,5

6С11Д — Триод

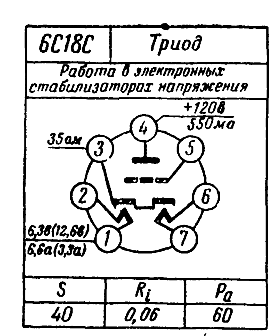
Генерирование колебании с.в.ч



S	μ	$P_{вых}$	P_a
6	18	0,4	3,6

6С18С — Триод

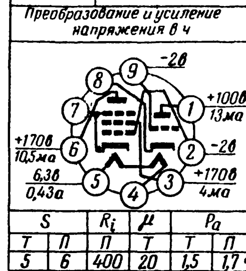
Работа в электронных стабилизаторах напряжения



S	R_i	P_a
40	0,06	60

6Ф1П — Триод-пентод

Преобразование и усиление напряжения в ч



S		R_i	μ	P_a	
Т	П	П	Т	Т	П
5	6	400	20	1,5	1,7

6Ф6С — Выходной-пентод

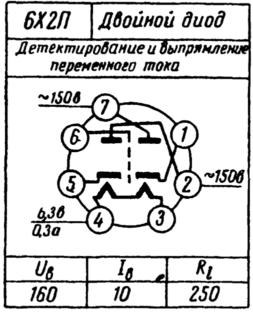
Усиление мощности н ч

+250в 6,5ма; +250в 34ма; 6,3в 0,7а; 410ом

S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2,5	80	7	11	3,1

6Х2П — Двойной диод

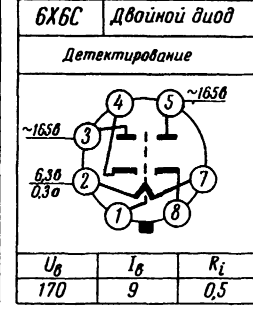
Детектирование и выпрямление переменного тока



$U_в$	$I_в$	R_i
160	10	250

6Х6С — Двойной диод

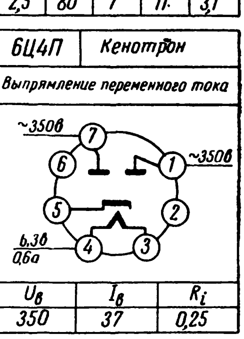
Детектирование



$U_в$	$I_в$	R_i
170	9	0,5

6Ц4П — Кенотрон

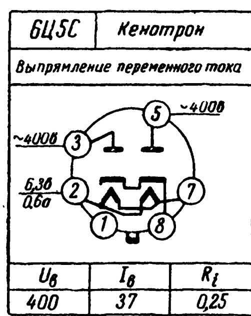
Выпрямление переменного тока



$U_в$	$I_в$	R_i
350	37	0,25

6Ц5С — Кенотрон

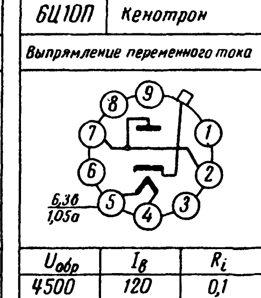
Выпрямление переменного тока



$U_в$	$I_в$	R_i
400	37	0,25

6Ц10П — Кенотрон

Выпрямление переменного тока



$U_{обр}$	$I_в$	R_i
4500	120	0,1

6Ц13П — Кенотрон

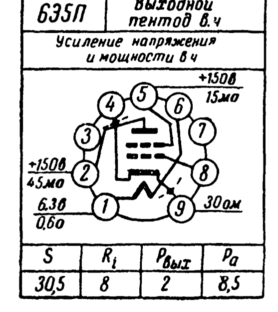
Выпрямление переменного тока

~650в; 6,3в 0,95а

$U_в$	$I_в$	R_i
600	120	–

6Э5П — Выходной пентод в.ч

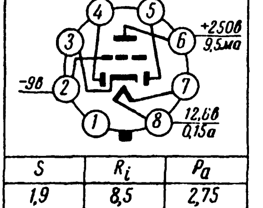
Усиление напряжения и мощности в ч



S	R_i	$P_{вых}$	P_a
30,5	8	2	8,5

12Г1 — Двоиной диод-триод

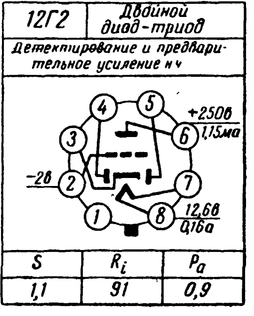
Детектирование и предварительное усиление н ч



S	R_i	P_a
1,9	8,5	2,75

12Г2 — Двойной диод-триод

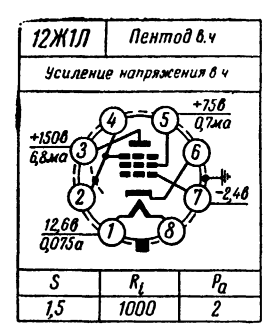
Детектирование и предварительное усиление н ч



S	R_i	P_a
1,1	91	0,9

12Ж1Л — Пентод в.ч

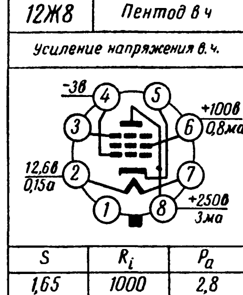
Усиление напряжения в ч



S	R_i	P_a
1,5	1000	2

12Ж8 — Пентод в ч

Усиление напряжения в.ч.



S	R_i	P_a
1,65	1000	2,8

12К3 — Пентод в.ч

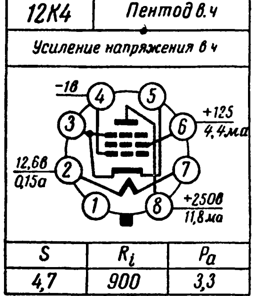
Усиление напряжения в.ч

−3в
+100в
2,5ма
12,6в
0,15а
+250в
9,25ма

S	R_i	P_a
2	800	4,4

12К4 — Пентод в.ч

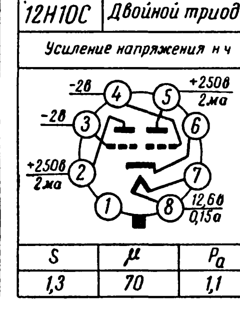
Усиление напряжения в ч



S	R_i	P_a
4,7	900	3,3

12Н10С — Двойной триод

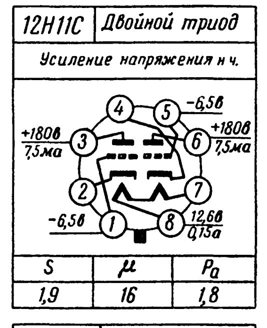
Усиление напряжения н ч



S	μ	P_a
1,3	70	1,1

12Н11С — Двойной триод

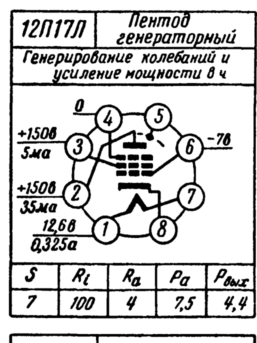
Усиление напряжения н ч.



S	μ	P_a
1,9	16	1,8

12П17Л — Пентод генераторный

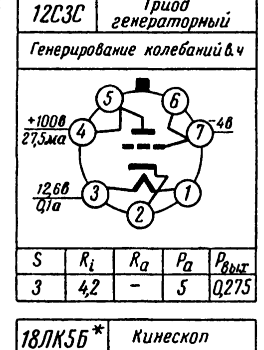
Генерирование колебаний и усиление мощности в ч



S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
7	100	4	7,5	4,4

12С3С — Триод генераторный

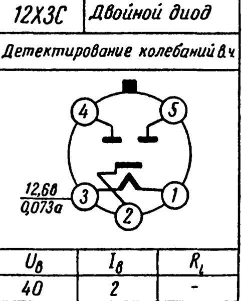
Генерирование колебаний в.ч



S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
3	4,2	−	5	0,275

12Х3С — Двойной диод

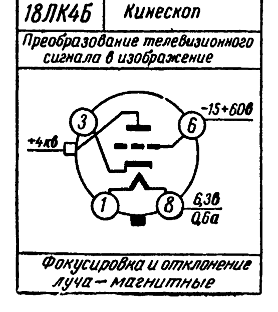
Детектирование колебаний в.ч



$U_в$	$I_в$	R_i
40	2	-

18ЛК4Б — Кинескоп

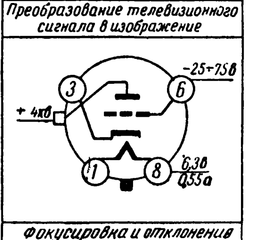
Преобразование телевизионного сигнала в изображение



Фокусировка и отклонение луча — магнитные

18ЛК5Б* — Кинескоп

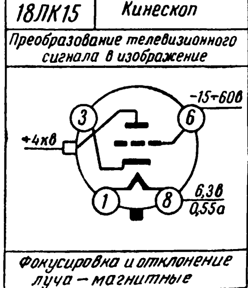
Преобразование телевизионного сигнала в изображение



Фокусировка и отклонение луча — магнитные

18ЛК15 — Кинескоп

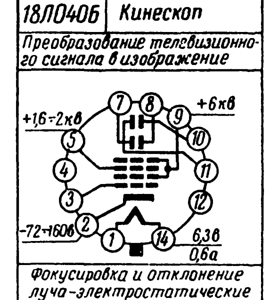
Преобразование телевизионного сигнала в изображение



Фокусировка и отклонение луча — магнитные

18Л04Б — **Кинескоп**

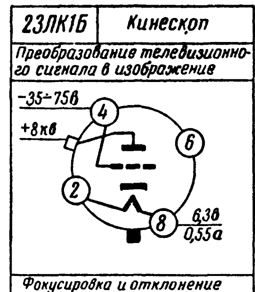
Преобразование телевизионного сигнала в изображение



Фокусировка и отклонение луча-электростатические

23ЛК1Б — **Кинескоп**

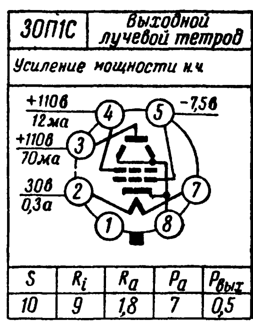
Преобразование телевизионного сигнала в изображение



Фокусировка и отклонение луча – магнитные

30П1С — **Выходной лучевой тетрод**

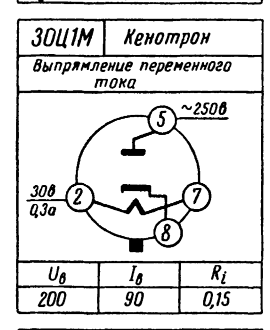
Усиление мощности н.ч



S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
10	9	1,8	7	0,5

30Ц1М — **Кенотрон**

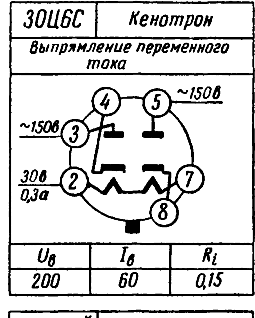
Выпрямление переменного тока



$U_в$	$I_в$	R_i
200	90	0,15

30Ц6С — **Кенотрон**

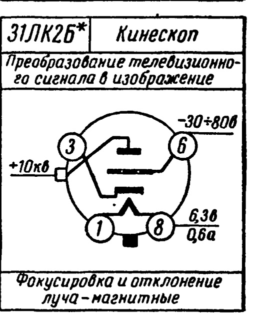
Выпрямление переменного тока



$U_в$	$I_в$	R_i
200	60	0,15

31ЛК2Б* — **Кинескоп**

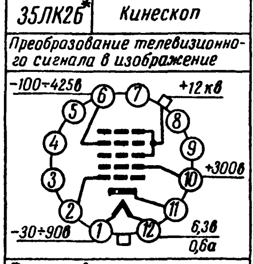
Преобразование телевизионного сигнала в изображение



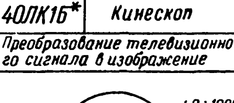
Фокусировка и отклонение луча – магнитные

35ЛК2Б* — **Кинескоп**

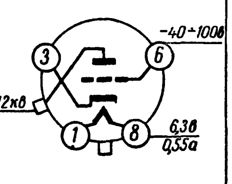
Преобразование телевизионного сигнала в изображение



Фокусировка-электростатическая. Отклонение луча-магнитное


40ЛК1Б* — **Кинескоп**

Преобразование телевизионного сигнала в изображение



Фокусировка и отклонение луча – магнитные

43ЛК2Б* — **Кинескоп**

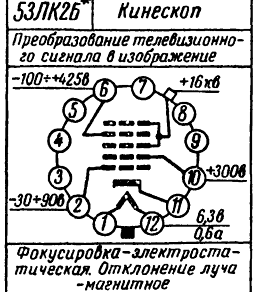
Преобразование телевизионного сигнала в изображение

-100+425в
+14кв
+300в
-30÷90в
6,3в
0,6а

Фокусировка-электростатическая. Отклонение луча-магнитное

53ЛК2Б* — **Кинескоп**

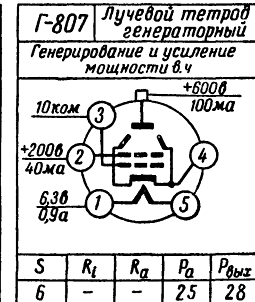
Преобразование телевизионного сигнала в изображение



Фокусировка-электростатическая. Отклонение луча -магнитное

Г-807 — **Лучевой тетрод генераторный**

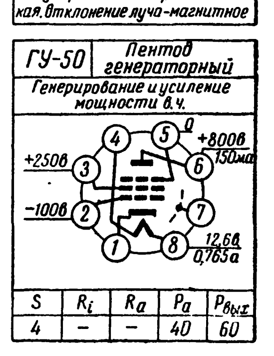
Генерирование и усиление мощности в.ч



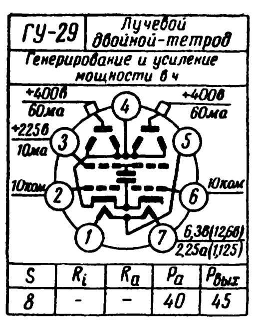
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
6	–	–	25	28

ГУ-50 — **Пентод генераторный**

Генерирование и усиление мощности в.ч.

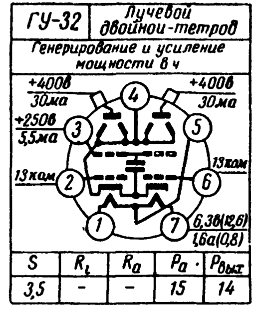


S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
4	–	–	40	60


ГУ-29 — Лучевой двойной-тетрод

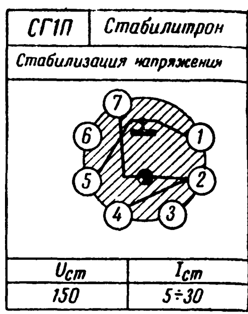
Генерирование и усиление мощности в ч

S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
8	-	-	40	45


ГУ-32 — Лучевой двойной-тетрод

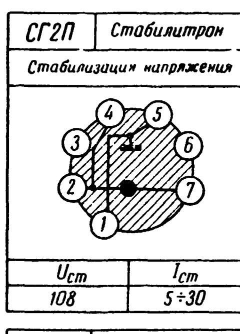
Генерирование и усиление мощности в ч

S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
3,5	-	-	15	14


СГ1П — Стабилитрон

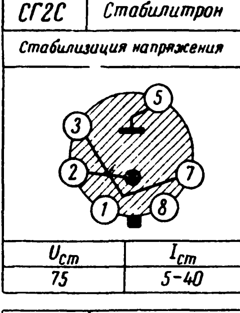
Стабилизация напряжени

$U_{ст}$	$I_{ст}$
150	5÷30


СГ2П — Стабилитрон

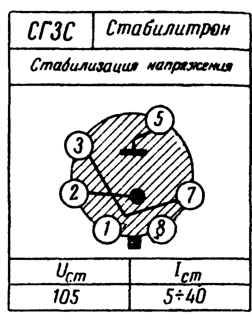
Стабилизация напряжения

$U_{ст}$	$I_{ст}$
108	5÷30


СГ2С — Стабилитрон

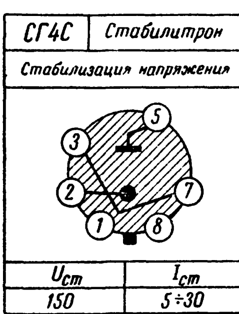
Стабилизация напряжения

$U_{ст}$	$I_{ст}$
75	5-40


СГ3С — Стабилитрон

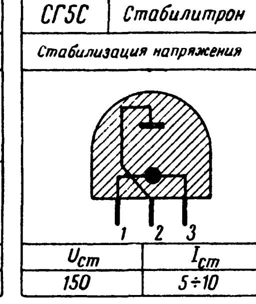
Стабилизация напряжения

$U_{ст}$	$I_{ст}$
105	5÷40


СГ4С — Стабилитрон

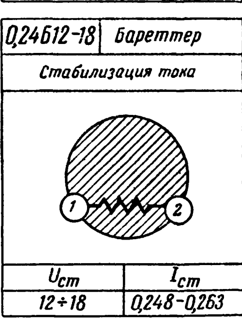
Стабилизация напряжения

$U_{ст}$	$I_{ст}$
150	5÷30


СГ5С — Стабилитрон

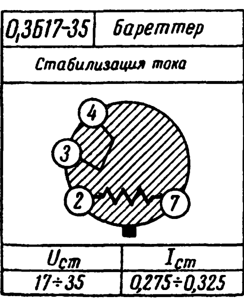
Стабилизация напряжения

$U_{ст}$	$I_{ст}$
150	5÷10


0,24Б12-18 — Бареттер

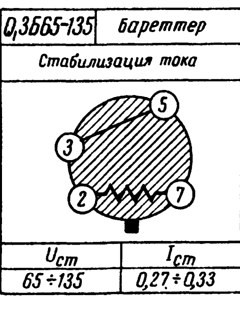
Стабилизация тока

$U_{ст}$	$I_{ст}$
12÷18	0,248-0,263


0,3Б17-35 — Бареттер

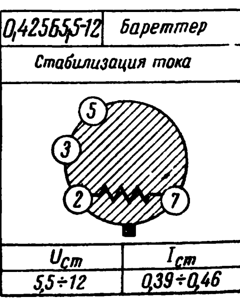
Стабилизация тока

$U_{ст}$	$I_{ст}$
17÷35	0,275÷0,325


0,3Б65-135 — Бареттер

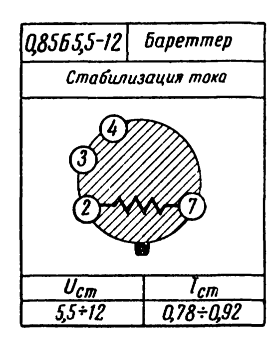
Стабилизация тока

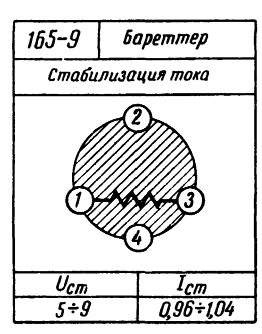
$U_{ст}$	$I_{ст}$
65÷135	0,27÷0,33

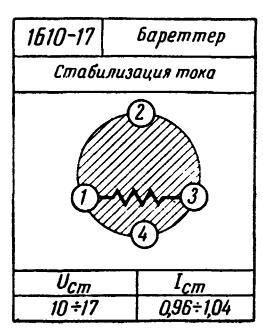

0,425Б5,5-12 — Бареттер

Стабилизация тока

$U_{ст}$	$I_{ст}$
5,5÷12	0,39÷0,46







РАЗДЕЛ ОДИННАДЦАТЫЙ

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ И ТРАНЗИСТОРЫ

11-1. НАЗНАЧЕНИЕ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Полупроводниковыми приборами называются радио- и электротехнические приборы, работа которых основана на использовании явлений, происходящих в полупроводниковых материалах при воздействии на них электрических напряжений. Из числа этих приборов наибольшее распространение в современной технике имеют германиевые и кремниевые диоды и триоды, а также селеновые выпрямительные столбы. Германиевые и кремниевые полупроводниковые триоды сокращенно называют транзисторами.

Полупроводниковые диоды и селеновые столбы могут выполнять в радиоаппаратуре те же функции, что и двухэлектродные лампы (кенотроны, диоды), а транзисторы — те же функции, что и электронные лампы с управляющими сетками (триоды, пентоды и др.).

Преимущества полупроводниковых диодов и транзисторов

1. Германиевые и кремниевые диоды и транзисторы имеют значительно меньшие размеры и вес по сравнению с электронными лампами той же мощности; работая, они выделяют значительно меньше тепла. Вследствие этого аппаратура с такими приборами имеет значительно меньшие объемы и вес по сравнению с аналогичной аппаратурой на электронных лампах.

Селеновые выпрямительные столбы имеют бóльшие размеры и вес, чем германиевые и кремниевые диоды на такие же рабочие напряжения и токи. Однако селеновые выпрямительные столбы лучше в том отношении, что они могут выдерживать значительные электрические перегрузки

в течение относительно больших отрезков времени, в то время как германиевые и кремниевые диоды даже при кратковременных перегрузках приходят в негодность.

2. Все полупроводниковые диоды, селеновые выпрямительные столбы и транзисторы работают с лучшим к. п. д., чем кенотроны, так как потери энергии в них значительно меньше; они не требуют энергии на питание накала (в схемах с такими приборами нет цепей накала). Наилучшим к. п. д. из числа диодов обладают германиевые. Транзисторы нормально работают при значительно более низких напряжениях питания: для маломощного транзистора обычно бывает достаточно иметь напряжение питания от 1,5 до 10 *в*, а для мощного — не свыше нескольких десятков вольт. Это существенно упрощает и облегчает источники питания аппаратуры с полупроводниковыми приборами, удешевляет их эксплуатацию.

3. Большинство полупроводниковых диодов, селеновых столбов и транзисторов обладает значительно большими сроками службы по сравнению с электронными лампами.

4. Полупроводниковые диоды (кристаллические детекторы) могут работать в качестве детекторов и смесителей на очень высоких частотах, вплоть до частот, соответствующих миллиметровому диапазону волн, в то время как электронные лампы даже специальных конструкций могут выполнять эти функции на волнах не короче дециметровых.

Недостатки полупроводниковых диодов и транзисторов

1. Современные транзисторы не способны усиливать и генерировать столь же высокие частоты, как и электронные лампы. Самые высокие рабочие частоты транзисторов широкого применения — порядка 100 *Мгц*. Специальные транзисторы новых типов работоспособны на частотах до 500—600 *Мгц*.

2. Имеет место значительный разброс параметров транзисторов от образца к образцу.

3. Электрические свойства полупроводниковых диодов и транзисторов сильно зависят от температуры, при которой они работают. При этом кремниевые приборы работоспособны до температур 125—150° С, германиевые — до 70—80° С, селеновые — до 60—70° С и меднозакисные — до 50° С. При повышении температуры работа их заметно ухудшается (особенно германиевых приборов).

11-2. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ

Полупроводниковым диодом называется прибор с двумя электродами (выводами), обладающий свойством односторонней проводимости электрического тока, т. е. имеющий большую проводимость (малое сопротивление электрическому току) при приложении к нему электрического напряжения одной полярности и малую проводимость (высокое сопротивление электрическому току) при приложении к нему напряжения другой, противоположной полярности. Это свойство диода называется **односторонней проводимостью**. Направление, в котором проходят через диод большие токи, называется **пропускным** или прямым, а обратное — **запорным**.

Классификация и области применения полупроводниковых диодов

Классификация. По конструкции полупроводниковые диоды разделяют на плоскостные и точечные. Точечные диоды, предназначаемые для работы на сверхвысоких частотах, называют кристаллическими детекторами.

По роду применяемых полупроводниковых материалов диоды разделяют на германиевые, кремниевые, селеновые, купроксные (меднозакисные) и т. п. Плоскостные германиевые и кремниевые диоды называют также силовыми и высоковольтными.

Селеновые и купроксные диоды бывают только плоскостными. Их чаще называют селеновыми и купроксными выпрямительными элементами.

Элемент малого диаметра (5—7 *мм*) называют соответственно селеновой и купроксной таблетой. Селеновый или купроксный элемент круглой или квадратной формы с отверстием в цéнтре для сборки в выпрямительный столбик называют также селеновой или купроксной выпрямительной шайбой.

Группу плоскостных полупроводниковых элементов (селеновых, купроксных) электрически соединенных между собой и объединенных в одну конструктивную единицу, называют выпрямительным селеновым или купроксным столбиком.

Часть столба, имеющая только две точки для включения во внешнюю электрическую схему, т. е. заключенная между двумя контактными выводами, один из которых электрически присоединяется к источнику переменного тока, а другой является одним из полюсов выпрямленного напряжения, называют плечом столбика. Оно может содержать либо один диод (элемент), либо несколько, соединенных между собой чаще всего последовательно. Когда нужно получить значительные выпрямленные токи, применяют параллельное и смешанное соединение диодов (элементов).

Плоскостные германиевые и кремниевые диоды, так же как и селеновые выпрямительные столбики, применяют в основном в схемах выпрямления переменного тока.

Купроксные диоды применяют главным образвом в измерительной аппаратуре для преобразования переменного тока в постоянный.

Купроксные столбы находят применение в выпрямительных устройствах для зарядки аккумуляторов.

Точечные диоды используют в схемах детектирования, в дискриминаторах, в схемах автоматической регулировки усиления, в ограничителях амплитуды, в измерительной аппаратуре (для преобразования переменного тока в постоянный), а также в силовых выпрямителях на напряжения не свыше нескольких десятков вольт и токи порядка десятков миллиампер (например, в выпрямителях для сеточного смещения).

Кристаллические детекторы по назначению разделяют на видеодетекторы, смесительные и измерительные.

Видеодетекторами называют детекторы, предназначенные для применения в приемниках СВЧ прямого усиления для преобразования переменных токов частоты принимаемого сигнала непосредственно в импульсы постоянного тока (видеосигналы).

Смесительными детекторами называют детекторы, предназначенные для применения в супергетеродинных приемниках СВЧ

для преобразования переменных токов частоты принимаемого сигнала в переменные токи промежуточной частоты.

Измерительными детекторами называют детекторы, предназначенные для применения в измерительной аппаратуре с целью преобразования переменных токов СВЧ в импульсы постоянного тока.

Плоскостные сплавные диоды

Основной частью плоскостного германиевого или кремниевого диода является пластинка полупроводника (германия или кремния) с электронной проводимостью (см. § 1-13), обладающая толщиной в несколько десятых долей миллиметра (рис. 11-1,*а*). Она помещена в герметический металлический корпус и припаяна к нему одной из своих плоскостей. В германиевом диоде в центр противоположной плоскости пластинки полупроводника вплавлен кусочек (капля) металла индия, а в кремниевом — кусочек алюминия. От него сделан изолированный от корпуса вывод.

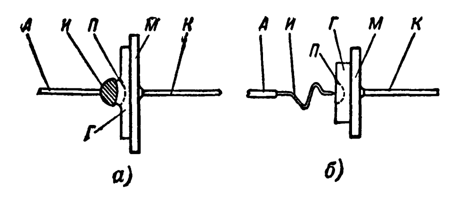


Рис. 11-1. Схематическое устройство полупроводниковых диодов в разрезе.

а — плоскостного; *б* — точечного. *Г* — пластинка полупроводника (германий или кремний); *И* — капля индия, кусочек алюминия в плоскостном диоде или вольфрамовая игла в точечном диоде, *П* — *р-n* переход; *М* — металлический держатель пластинки полупроводника (в плоскостном диоде — часть его корпуса); *А* — вывод анода; *К* — вывод катода.

Односторонняя проводимость плоскостного диода определяется следующим. В небольшую часть объема пластинки полупроводника, находящуюся вблизи капли индия, проникает (диффундирует) некоторое количество атомов индия, в результате чего электрические свойства этой части объема изменяются — ее проводимость делается дырочной. Область пластинки полупроводника с примесью индия называют *р*-областью, остальную, большую часть пластинки *n*-областью, а границу между этими двумя областями — *р-n*-переходом. Через него электрический ток свободно проходит в направлении от индиевого электрода к основной массе пластинки (пропускное направление) и плохо в обратном направлении. Следовательно, основная масса пластинки полупроводника аналогична катоду, а область с примесью индия — аноду электронной лампы.

В обозначениях областей пластинки полупроводника (*р* и *n*) использованы первые буквы латинских слов positive (положительный) и negative (отрицательный). Поскольку электрический ток считается идущим от положительного полюса к отрицательному, то легко видеть, что выбранное обозначение областей (*р* и *n*) указывает пропускное направление.

Плоскостные диоды имеют металлические корпусы (рис. 11-2, *г-е*).

Точечные диоды

Точечный диод (рис. 11-1,*б*) состоит из пластинки германия или кремния с электронной проводимостью и тонкой металлической иглы, конец которой приварен к поверхности упомянутой пластинки. Вблизи острия иглы в пластинке полупроводника образуется область с дырочной про-

водимостью (*p*-область), а на ее границе с остальным объемом пластинки *p-n*-переход с пропускным направлением от иглы к основной массе пластинки и плохой проводимостью в обратном направлении. Корпусы точечных диодов изготовляют из стекла или керамики (рис. 11-2, *а—е*).

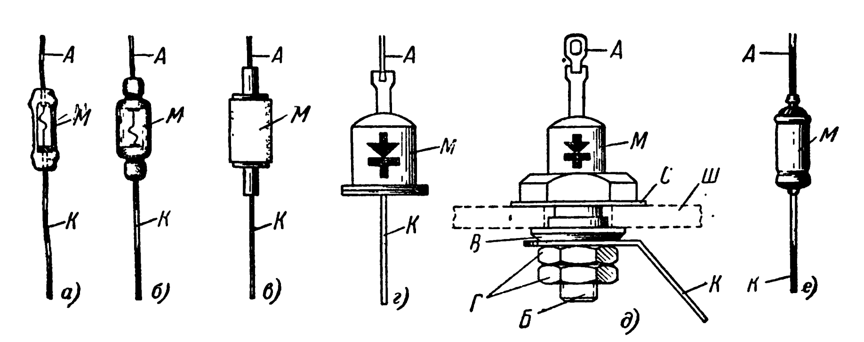


Рис. 11-2. Общий вид полупроводниковых диодов.
а — Д1А — Д1Ж; Д9А — Д9Ж; *б* — Д2А — Д2И; Д11, Д12, Д12А, Д13, Д14, Д14А, *в* — ДГ-Ц1 — ДГ-Ц14; *г* — Д7А, Д7Ж, Д206 — Д211; *д* — Д202 — Д205, Д302 — Д305; *е* — ДГ-Ц21 — ДГ-Ц27.
А — вывод анода; *К* — вывод катода; *М* — металлический, керамический или стеклянный корпус; *С* — слюдяная шайба; *В* — пластмассовая втулка; *Б* — крепежный болт; *Г* — гайка, *Ш* — шасси радиоприбора.

Наименования полупроводниковых диодов

Наименования полупроводниковых диодов по ГОСТ 5461-56 состоят из буквы Д и числа, указывающего порядковый номер типа диода. В конце наименования некоторых диодов после этого числа может быть еще буква, указывающая разновидность типа (группу) диода.

По номеру в наименовании типа можно определить, какой в диоде применен полупроводник, а также конструкцию диода.

Номера от 1 до 8 были присвоены различным относительно старым типам плоскостных и точечных германиевых диодов и детекторов. Остальные номера от 9 до 99 присваиваются только германиевым точечным диодам.

Последующие номера присваиваются:

от 101 до 199 — кремниевым точечным диодам;
» 201 » 299 — кремниевым плоскостным диодам;
» 301 » 399 — германиевым плоскостным диодам;
» 401 » 499 — смесительным и модуляторным германиевым и кремниевым детекторам;
» 601 » 699 — германиевым видеодетекторам;
» 801 » 899 — германиевым диодам, предназначенным для стабилизации напряжения (стабилитронам);
» 1001 до 1099 — столбам, собранным из германиевых плоскостных диодов.

В наименованиях полупроводниковых диодов и детекторов, разработанных в Советском Союзе до 1957 г., между буквой Д и цифрой имеются еще две буквы, указывающие на полупроводниковый материал,

примененный в приборе (Г — германий, К — кремний), и на назначение прибора (Ц — выпрямительные диоды, С — смесительные детекторы, В или П — видеодетекторы, И — измерительные детекторы).

Маркировка диодов

Тип и группа диода обозначаются на корпусе диода, на выводе или на подвешенной к выводу бирке.

Диоды типа Д9 окрашиваются черной краской, причем буквенная группа обозначается цветной точкой на средней части корпуса:

Д9Б — красной;	Д9Д — белой;
Д9В — оранжевой;	Д9Е — голубой;
Д9Г — желтой;	Д9Ж — зеленой.

Диод Д9А не имеет цветной точки на средней части корпуса.

Для определения пропускного направления около вывода от иглы точечного диода или от *p*-области плоскостного диода ставится знак + или красная точка.

Как исключение из общего правила диоды Д15—Д17 имеют следующую отличительную окраску:

	Цвет корпуса	Цвет отметки у вывода +
Д15	желтый	красный
Д16	синий	зеленый
Д16А	синий	коричневый
Д17	коричневый	желтый

Если к выводу, обозначенному знаком +, приложить положительный полюс напряжения, а отрицательный полюс — к другому выводу диода, через диод проходит прямой ток. На некоторых диодах направление прямого тока (пропускное направление) обозначается стрелкой.

При использовании диода для выпрямления переменного тока положительный полюс выпрямленного напряжения получается на выводе от пластинки германия или кремния.

Селеновые и купроксные элементы и столбики

Селеновый выпрямительный элемент. Обычный селеновый выпрямительный элемент (рис. 11-3,*а*) состоит из алюминиевой или стальной круглой или прямоугольной пластинки, на одну из поверхностей которой нанесен слой серого поликристаллического селена толщиной 40—80 *мк*, обладающего дырочной проводимостью (см. § 1-13), а поверх него — тонкий слой так называемого катодного сплава, состоящего из олова, кадмия и висмута Между селеном и слоем катодного сплава образуется тонкая прослойка сульфида кадмия и селенида кадмия. *p-n*-переход возникает между этой прослойкой и слоем селена.

Пропускное направление в таком элементе — от алюминиевой или стальной пластинки к катодному сплаву.

Селеновый выпрямительный элемент типа ТВС (конструкции Трофимова) состоит из алюминиевой пластинки, на одну сторону которой нанесен тонкий слой кадмия, а поверх него — более толстый слой поликристаллического селена. Вследствие химического соединения кадмия и селена между ними получается тончайший слой селенида кадмия.

Переход *p-n* образуется на границе между селеном и селенидом кадмия. Для обеспечения контакта с селеном на внешнюю поверхность слоя селена напрессовывается тонкая алюминиевая фольга. Пропускным направлением элемента типа ТВС является направление от фольги к алюминиевой пластинке, т. е. катодом является алюминиевая пластинка, а анодом — фольга.

Купроксный (меднозакисный) выпрямительный элемент (рис. 11-3,*в*) состоит из диска, изготовленного из очень чистой меди, на поверхности которого образован слой красной поликристаллической закиси меди. *p-n*-переход находится между закисью меди и чистой медью. На внешнюю поверхность закиси меди для обеспечения контакта наносится слой серебра (или графита). Пропускное направление купроксного выпрямительного элемента — от закиси меди к медному диску.

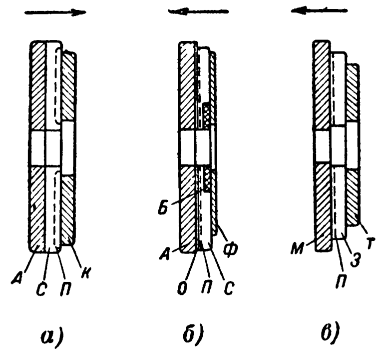


Рис. 11-3. Схематическое устройство селеновых и купроксных выпрямительных шайб (в разрезе).

а — селеновая шайба столбика типа АВС или ВС; *б* — селеновая шайба столбика типа ТВС; *в* — купроксная (меднозакисная) шайба.

А — алюминиевая или стальная никелированная шайба; *Б* — бумажная или слюдяная шайба; *О* — слой кадмия; *З* — слой закиси меди; *К* — слой сплава олова, кадмия и висмута; *М* — медная шайба; *П* — *p-n*-переход; *С* — слой селена; *Т* — контактный слой серебра или графита; *Ф* — алюминиевая фольга.

Слои селена, катодного сплава, контактный слой и фольга показаны для наглядности непропорционально толстыми. Стрелками показано направление прямого тока. Таблеты устроены так же, но не имеют средних отверстий.

Схемы столбиков. Селеновые и купроксные столбики изготовляют по следующим пяти схемам.

1. Одиночный вентиль. Это столбик, имеющий только два вывода от крайних элементов, т. е. состоящий всего из одного плеча (рис. 11-4,*а*). Основное его назначение — однополупериодное выпрямление. Из двух одиночных вентилей может быть собрана схема двухполупериодного выпрямителя или схема с удвоением напряжения, из трех — с утроением, а из четырех — мостовая схема выпрямления или схема с учетверением напряжения.

2. Выпрямитель со средней точкой. Это столбик с тремя выводами, состоящий из двух одинаковых плеч, причем пропускное направление элементов в обоих плечах одинаковое (рис. 11-4,*б*). Один такой столбик может быть использован в схеме с удвоением напряжения, из двух одинаковых столбиков со средней точкой составляют мостовую схему выпрямления, а из трех столбиков — трехфазную мостовую схему.

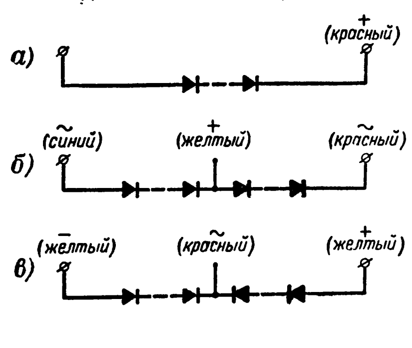
3. Двухплечий выпрямитель. Это столбик с тремя выводами, состоящий из двух одинаковых плеч, элементы в плечах расположены так, что пропускное направление в обоих из них — от крайних выводов к среднему (рис. 11-4,*в*). Такой столбик предназначается для использования в схеме двухполупериодного выпрямления.

4. Мостовой двухполупериодный выпрямитель. Так называется столбик, состоящий из четырех одинаковых плеч, соединенных по мостовой схеме (рис. 11-4,*г*). Один такой столбик

обеспечивает двухполупериодное выпрямление переменного тока без применения трансформатора со средней точкой во вторичной обмотке.

5. Мостовой трехфазный выпрямитель. Так называется столбик, состоящий из шести одинаковых плеч, предназначаемый для выпрямления трехфазного переменного тока.

Селеновые столбики из таблет (рис. 11-5,*в*) изготовляются только по схеме одиночного вентиля, пакетные выпрямители (рис. 11-4,*г*) — только по мостовой схеме, а столбики на шпильках (рис. 11-5,*а* и *б*) — по всем упомянутым выше схемам.



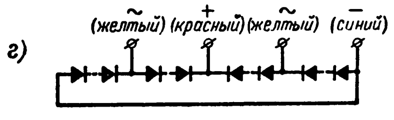


Рис. 11-4. Схемы селеновых и купроксных столбиков.

а — одиночный вентиль; *б* — выпрямитель со средней точкой; *в* — двухплечный выпрямитель; *г* — однофазный мостовой выпрямитель.

Маркировка выводов селеновых и купроксных столбиков. Контактные выводы селеновых и купроксных столбиков маркируются следующим образом:

знаком ~ или желтым цветом — выводы, к которым подводится переменное напряжение, которое нужно выпрямить (входные выводы столбиков);

знаком + или красным цветом — выводы, на которых получаются положительные полюсы выпрямленных напряжений (катоды столбиков);

синим цветом — выводы, на которых получаются отрицательные полюсы выпрямленного напряжения (аноды столбиков).

Наименования селеновых выпрямительных столбиков. Наименование селенового выпрямительного столбика состоит из группы букв и двух чисел, отделенных друг от друга дефисами (черточками). В буквенной группе всегда имеются буквы ВС, означающие «выпрямитель селеновый». Если в наименовании имеются только эти две буквы — он собран из выпрямительных элементов на стальной основе. Столбики, наименования которых начинаются с букв АВС, собраны из выпрямительных элементов на алюминиевой основе, а столбики, наименования которых начинаются с букв ТВС, — из элементов конструкции Трофимова (рис. 11-3).

Первое число в наименовании столбика указывает диаметр примененных в нем круглых элементов (5, 7, 18, 25, 35, 45 или 60) или размер стороны квадрата — в случае квадратных выпрямительных элементов (15, 22, 30, 40, 75, 90 или 100) в миллиметрах.

Второе число в наименовании столбика является порядковым номером типа.

В конце наименований некоторых столбиков АВС могут стоять дополнительные буквы:

Б — означающая, что контакт между элементами в столбике осуществляется без помощи пружинящих шайб (новая упрощенная конструкция столбика);

М — означающая, что столбик малогабаритный (ранее изготовлялись столбики с таким же наименованием без буквы М в конце, имеющие при тех же электрических параметрах большую длину);

Н — означающая, что столбик (открытой конструкции) не окрашен и предназначается для работы в бачке с маслом для лучшего охлаждения столбика

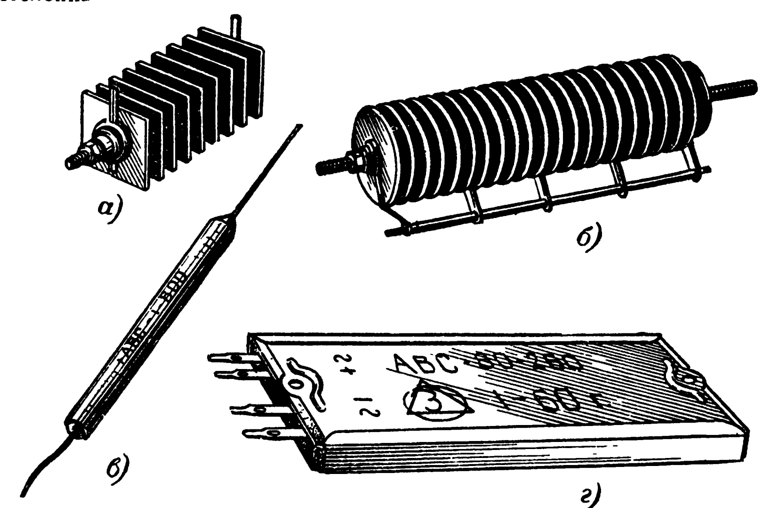


Рис. 11-5. Общий вид селеновых выпрямительных столбиков.
а — открытой конструкции из квадратных шайб; *б* — открытой конструкции из круглых шайб; *в* — из таблет; *г* — пакетный.

Из указанных общих правил образования наименований столбиков имеются следующие исключения:

1. Когда в наименовании столбика АВС первое число 1, 6, 80 или 120, оно характеризует не размер примененных элементов, а указывает предельно допустимый выпрямленный ток для этого столбика в миллиамперах (для столбика с цифрой 1 эта величина равна 1, 2 *ма*). В этих случаях второе число в наименовании показывает предельно допустимое переменное эффективное напряжение для данного столбика в вольтах.

2. Если первое число в наименовании столбика АВС 200, 300 или 400, столбик собран из прямоугольных элементов шириной 100 *мм* и длиной соответственно 200, 300 или 400 *мм*.

3. В отличие от столбиков, собранных из квадратных элементов размером 100×100 *мм*, в наименованиях столбиков ВС, собранных из круглых элементов диаметром 100 *мм*, имеется только одно число — условный номер типа столбика.

Параметры полупроводниковых диодов и столбиков

Прямой ток и прямое напряжение. Прямым током называют ток, проходящий через диод в пропускном направлении. Напряжение, вызвавшее этот ток, называют прямым напряжением.

Для точечных диодов каждого типа на их этикетках и в справочных таблицах обычно указывают наименьшую и наибольшую величины прямого тока либо только его наименьшую величину при подаче на диод прямого напряжения определенной величины (чаще всего 1 *в*) в условиях комнатной температуры (15—25°С). При повышении температуры прямой ток возрастает, а при понижении — уменьшается.

Пороговое прямое напряжение — напряжение, при котором начинается резкое возрастание прямого тока через диод. Определяется по вольт-амперной характеристике диода, как показано ниже на рис. 11-6,*а*. Для германиевых диодов пороговое прямое напряжение — около 0,3 *в* и для кремниевых — около 0,5 *в*.

Выпрямленный ток — постоянная составляющая тока, т. е. среднее за период значение тока, протекающего через диод при подаче на него переменного напряжения (при работе диода в схеме выпрямителя).

Выпрямленный ток предельно допустимый — наибольший ток, который можно получать в однополупериодной схеме выпрямителя с данным диодом при длительной его работе на активную нагрузку, не опасаясь необратимого ухудшения его выпрямительных свойств или сокращения срока службы.

Предельно допустимый выпрямленный ток снижается при работе диода (селенового элемента) в выпрямителе со сглаживающим фильтром, имеющим на входе конденсатор, и при повышении окружающей температуры (для кремниевых диодов не снижается до температуры 125°С).

Для селенового столбика по схеме двухплечего выпрямителя или по однофазной мостовой схеме предельно допустимый выпрямленный ток вдвое больше предельно допустимого выпрямленного тока для каждого из элементов, применяемых в таком столбике (при наличии параллельно соединенных элементов он еще больше).

Измерение выпрямленного тока производится магнитоэлектрическим прибором, включенным последовательно с нагрузкой выпрямителя.

Прямое падение напряжения — средняя величина падения напряжения на диоде, работающем в схеме выпрямления переменного тока.

В справочных таблицах указывают наибольшее возможное падение напряжения на плоскостном диоде данного типа, когда через него проходит предельно допустимый выпрямленный ток. Для большинства диодов фактическая величина прямого падения напряжения при таком токе меньше указываемой в таблицах. У кремниевых диодов в равных условиях прямое падение напряжения больше, чем у германиевых.

Обратный ток и обратное напряжение. Обратным током называют ток, проходящий через диод в запорном направлении. В исправном диоде он во много раз меньше прямого тока. Напряжение, вызвавшее обратный ток, называют обратным напряжением.

В одинаковых условиях германиевые диоды имеют меньшие обратные токи, чем селеновые и купроксные, а кремниевые диоды имеют еще меньшие обратные токи, чем германиевые. Чем меньше обратный ток диода, тем выше его качество.

На этикетках или в справочных таблицах для каждого типа германиевого диода указывают наибольшую величину обратного тока в нормальных условиях (при температуре не выше 25°С), а для каждого типа кремниевого диода — при температуре до максимально допустимой (до 125°С) при подаче на диод напряжения определенной величины. Для селеновых элементов и столбиков обратные токи не указывают.

Таблица 11-1

Параметры плоскостных полупроводниковых диодов

Тип	Предельно допустимые режимы [1]: Выпрямленный ток, *ма*	Предельно допустимые режимы [1]: Амплитуда обратного напряжения, *в*	Пробивное напряжение не менее [2], *в*	Прямое падение напряжения не более [3], *в*	Обратный ток не более, [4] *ма*
Германиевые диоды					
Д7А	300	50	75	0,5	0,3
Д7Б	300	100	150	0,5	0,3
Д7В	300	150	225	0,5	0,3
Д7Г	300	200	300	0,5	0,3
Д7Д	300	300	450	0,5	0,3
Д7Е	300	350	525	0,5	0,3
Д7Ж	300	400	600	0,5	0,3
Д302	1 000	200	—	0,25	1
Д303	3 000	150	—	0,3	1
Д304	5 000	100	—	0,3	3
Д305	10 000	50	—	0,35	3
ДГ-Ц21	300	50	75	0,5	1
ДГ-Ц22	300	100	150	0,5	1
ДГ-Ц23	300	150	225	0,5	1
ДГ-Ц24	300	200	300	0,5	1
ДГ-Ц25	100	300	450	0,3	1
ДГ-Ц26	100	350	525	0,3	1
ДГ-Ц27	100	400	600	0,3	1
Кремниевые диоды					
Д202	400	100	—	1	0,5
Д203	400	200	—	1	0,5
Д204	400	300	—	1	0,5
Д205	400	400	—	1	0,5
Д206	100	100	—	1	0,1
Д207	100	200	—	1	0,1
Д208	100	300	—	1	0,1
Д209	100	400	—	1	0,1
Д210	100	500	—	1	0,1
Д211	100	600	—	1	0,1

[1] Для германиевых диодов — до температуры 25° С, для кремниевых — до 125° С. Диоды Д7А—Д7Ж и ДГ-Ц21 — ДГ-Ц27 выдерживают ток 25 *а* в течение времени не более 0,1 *сек*.

[2] При температуре не более 25° С.

[3] При температуре ниже +15° С падение напряжения на германиевом диоде может быть больше указанного в графе.

[4] Для германиевых диодов — при температуре до 25° С, для кремниевых — до 125° С, при комнатной температуре обратный ток большинства кремниевых диодов меньше 10 *мка*.

Таблица 11-2

Параметры точечных полупроводниковых диодов

Тип	Предельно допустимые режимы работы [1]		Пробивное напряжение не менее [2], *в*	Прямой ток при напряжении + 1 *в* [3], *в*	Обратный ток не более [4], *ма*	Прямое сопротивление при напряжении + 1 *в* [3] не более, *ом*	Обратное сопротивление не менее [4], *ком*	Напряжение, при котором измеряется обратный ток и обратное сопротивление, *в*
	Выпрямленный ток, *ма*	Амплитуда обратного напряжения, *в*						
Германиевые диоды								
Д1А	16	20	40	⩾ 2,5	0,25	400	40	10
Д1Б	16	30	45	1—7	0,25	1000	100	25
Д1В	25	30	45	⩾ 7,5	0,25	140	100	25
Д1Г	16	50	75	5—7,5	0,25	200	200	50
Д1Д	16	75	110	2,5—7,5	0,25	400	300	75
Д1Е	12	100	150	1—5	0,25	1000	400	100
Д1Ж	12	100	150	⩾ 5	0,25	200	400	100
Д2А	50[5]	10	15	50—90	0,25	20	28	7
Д2Б	16[5]	30	45	5—10	0,1	200	100	10
Д2В	25[5]	40	60	10—18	0,25	100	120	30
Д2Г	16[5]	75	100	2—5	0,25	500	200	50
Д2Д	16[5]	75	100	5—10	0,25	200	200	50
Д2Е	16[5]	125	150	2—10	0,25	200	400	50
Д2Ж	8[5]	175	200	2—10	0,25	500	600	150
Д2И	16[5]	100	150	2—5	0,25	500	400	100
Д9А	25	10	—	10—90	0,25	100	40	10
Д9Б	40	10	—	⩾ 90	0,25	11	40	10
Д9В	20	30	—	10—30	0,25	100	120	30
Д9Г	30	30	—	30—60	0,25	33	120	30
Д9Д	30	30	—	60—90	0,25	16	120	30
Д9Е	20	50	—	30—60	0,25	33	200	50
Д9Ж	15[6]	100	—	⩾ 10	0,25	100	400	100
Д10	3	10	20	—	0,1	—	100	10
Д10А	5	10	20	—	0,2	—	50	10
Д10Б	8	10	20	—	0,2	—	50	10
Д11	20[5]	30	40	⩾ 100[7]	0,1	10	100	10
					0,25	—	120	30
Д12	20[5]	50	75	50—100[8]	0,07	20	140	10
					0,25	—	200	50
Д12А	20[5]	50	75	⩾ 100[7]	0,05	10	200	10
					0,25	—	200	50
Д13	20[5]	75	100	⩾ 100[7]	0,05	10	200	10
					0,25	—	300	75
Д14	20[5]	100	125	30—100[8]	0,07	33	140	10
					0,25	—	400	100
Д14А	20[5]	100	125	⩾ 100[7]	0,07	10	140	10
					0,25	—	400	100

Продолжение табл. 11-2

Тип	Предельно допустимые режимы работы[1]		Пробивное напряжение не менее[2], *в*	Прямой ток при напряжении + 1 *в*[3], *в*	Обратный ток не более[4], *ма*	Прямое сопротивление при напряжении + 1 *в*[3] не более, *ом*	Обратное сопротивление не менее[4], *ком*	Напряжение, при котором измеряется обратный ток и обратное сопротивление, *в*
	Выпрямленный ток, *ма*	Амплитуда обратного напряжения, *в*						
Д15	—	—	—	≥ 15	0,3	66	100	30
Д16	—	—	—	≥ 5	0,5	200	100	50
Д16А	—	—	—	≥ 10	0,5	100	100	50
Д17	—	—	—	≥ 4	0,4	250	250	100
ДГ-Ц1	16[9]	50	60	≥ 2,5	1	400	50	50
ДГ-Ц2	16[9]	50	75	≥ 4	0,5	250	100	50
ДГ-Ц4	16[9]	75	100	≥ 2,5	0,8	400	90	75
ДГ-Ц5	16[9]	75	100	≥ 1,0	0,25	1 000	300	75
ДГ-Ц6	16[9]	100	125	≥ 2,5	0,8	400	120	100
ДГ-Ц7	16[9]	100	125	≥ 1,0	0,25	1 000	400	100
ДГ-Ц8	24[9]	30	50	≥ 10	0,5	100	60	30
ДГ-Ц12	16[9]	30	45	≥ 5	0,2	200	20	4
ДГ-Ц13	16[9]	30	45	≥ 1	0,02	1 000	200	4
ДГ-Ц14	16[9]	50	75	≥ 2	0,01	500	400	4
Кремниевые диоды								
Д101	50	100	200	≥ 2[10]	0,01	1 000[10]	7,5 *Мом*	75
Д101А	75	100	200	≥ 1	0,01	1 000	7,5 »	75
Д102	50	75	200	≥ 2[10]	0,01	1 000[10]	5 »	50
Д102А	75	75	200	≥ 1	0,01	1 000	5 »	50
Д103	50	30	200	≥ 2[10]	0,03	1 000[10]	3 »	30
Д103А	75	30	200	≥ 1	0,03	1 000	3 »	30

[1] Для германиевых диодов — при температуре до 50 °С, для кремниевых — до 70° С.

[2] При температуре не свыше 25° С.

[3] При температуре ниже 15° С прямой ток может быть меньше, а прямое сопротивление больше.

[4] При температуре выше 25° С обратный ток может быть больше, а обратное сопротивление меньше.

[5] Диоды выдерживают в течение времени не более 1 *сек* ток до 400 *ма*.

[6] При температуре 40—50° С допустимая амплитуда обратного напряжения не больше 90 *в*.

[7] При напряжении +0,5 *в* прямой ток не менее 5 *ма*.

[8] При напряжении +0,5 *в* прямой ток не менее 2 *ма*.

[9] Диоды выдерживают в течение времени не более 1 *сек* ток до 300 *ма*.

[10] Величины прямого тока и прямого сопротивления указаны для напряжения +2 *в*.

Таблица 11-3

Предельно допустимые выпрямленные токи для селеновых элементов при длительной их работе на активную нагрузку

Круглые элементы Диаметр, *мм*	Прямоугольные элементы Длина × ширина, *мм*	Предельно допустимый выпрямленный ток [1], *ма*	Круглые элементы Диаметр, *мм*	Прямоугольные элементы Длина × ширина, *мм*	Предельно допустимый выпрямленный ток [1], *ма*
5	—	1,2	—	75 × 75	1 200
7,2	—	6	100	90 × 90	1 500
18	15 × 15	40	—	100 × 100	2 000
25	22 × 22	75	—	100 × 200	4 000
35	30 × 30	150	—	100 × 300	6 000
45	40 × 40	300	—	100 × 400	8 000
—	60 × 60	600			

[1] Допускаются кратковременные перегрузки в соответствии с кривой рис. 11-7.

Таблица 11-4

Предельно допустимые напряжения для селеновых элементов

Класс элемента	Тип элемента	Предельно допустимое напряжение на элемент, *в* [1]	
		Амплитудное значение	Эффективное значение
А	ВС	17	12
Б	АВС, ВС	21 (21)	15 (15)
В	АВС, ВС	25 (28)	18 (20)
Д	ТВС	42	30
Е	ТВС	50	36
Ж	АВС	36 (35)	26 (25)

[1] В скобках указаны величины напряжений для таблет диаметром 5 и 7,2 *мм*.

Обратный ток плоскостного диода измеряют, прикладывая к нему импульсы постоянного обратного напряжения с амплитудой, равной предельно допустимой амплитуде обратного напряжения (см. ниже).

Обратный ток точечного диода измеряют, прикладывая к нему постоянное напряжение, в большинстве случаев равное предельно допустимой амплитуде обратного напряжения.

При комнатной температуре у большинства диодов обратный ток меньше указанного на этикетке или в справочной таблице для диодов данного типа.

С повышением температуры примерно в пределах до 60—70°С обратные токи селеновых элементов и столбиков уменьшаются, а германи-

евых и кремниевых диодов увеличиваются. При этом обратные токи германиевых диодов увеличиваются примерно вдвое при увеличении температуры на каждые 10—12°C. Обратные токи стеклянных неокрашенных диодов возрастают также от действия света.

Если диод имеет обратный ток больше указанного на этикетке или в справочной таблице, то при использовании его в схеме с обратным напряжением, близким к предельно допустимому, он может быстро выйти из строя. Такой диод можно использовать только при пониженном напряжении.

Амплитуда обратного напряжения предельно допустимая — наибольшее амплитудное значение напряжения, которое можно приложить в запорном направлении к работающему в выпрямителе диоду, не опасаясь сокращения срока его службы.

Для селеновых выпрямительных элементов и столбиков вместо амплитудного значения обычно регламентируют предельно допустимое эффективное напряжение. Величина этого напряжения для условий работы селенового выпрямительного столбика до температуры 50°C называется номинальным переменным напряжением столба.

Снижая амплитуду обратного напряжения на германиевом диоде, можно несколько увеличить предельно допустимый выпрямленный ток.

Предельно допустимая амплитуда обратного напряжения германиевого диода и предельно допустимое эффективное напряжение селенового столбика зависят от температуры окружающей среды.

Напряжение пробоя диода — обратное напряжение, при котором возникает лавинообразное возрастание обратного тока германиевого или кремниевого диода, т. е. его сопротивление делается практически равным нулю. Напряжение пробоя исправных диодов обычно в 1,25—2 раза больше предельно допустимой амплитуды обратного напряжения.

На этикетках и в справочных таблицах указывают для каждого типа (группы) точечных диодов наименьшее возможное напряжение пробоя.

Коэффициент выпрямления статический — число, показывающее, во сколько раз прямой ток через диод или селеновый столбик больше обратного тока через него при равенстве прямого и обратного напряжений; зависит от величин этих напряжений.

Коэффициент выпрямления динамический — число, показывающее, во сколько раз прямой ток больше обратного тока при работе диода или селенового столбика в выпрямителе переменного тока. Так как в указанных условиях прямое падение напряжения на диоде или селеновом столбике значительно меньше обратного напряжения, динамический коэффициент выпрямления меньше статического.

Прямое сопротивление — сопротивление диода, измеренное методом омметра (или методом вольтметра — амперметра) при приложении к диоду прямого напряжения; сильно зависит от величины этого напряжения.

На этикетке диода иногда указывают наибольшее возможное прямое сопротивление, упоминая, при каком напряжении оно должно измеряться.

Обратное сопротивление — сопротивление диода, измеренное методом омметра (или методом вольтметра — амперметра) при приложении к диоду обратного напряжения; зависит от величины этого напряжения.

На этикетке диода иногда приводят наименьшее возможное обратное сопротивление, указывая, при каком напряжении оно должно измеряться.

Измерение прямого и обратного сопротивления дает возможность оценить исправность диода. Если прямое сопротивление диода существенно больше указанного, а обратное — меньше, такой диод будет плохо работать в схеме.

Внутреннее (дифференциальное) сопротивление. Это сопротивление диода (селенового элемента) переменной составляющей пульсирующего тока. Определяется по вольт-амперной характеристике диода (рис. 11-6,*а*) как отношение малого приращения приложенного к диоду прямого напряжения к вызванному им малому приращению прямого тока через диод.

Характеристики диодов

Токи и напряжения, действующие в цепях диодов, не обнаруживают линейной зависимости и не могут быть рассчитаны с помощью закона Ома. Зависимость между ними может быть изображена графически кривыми линиями.

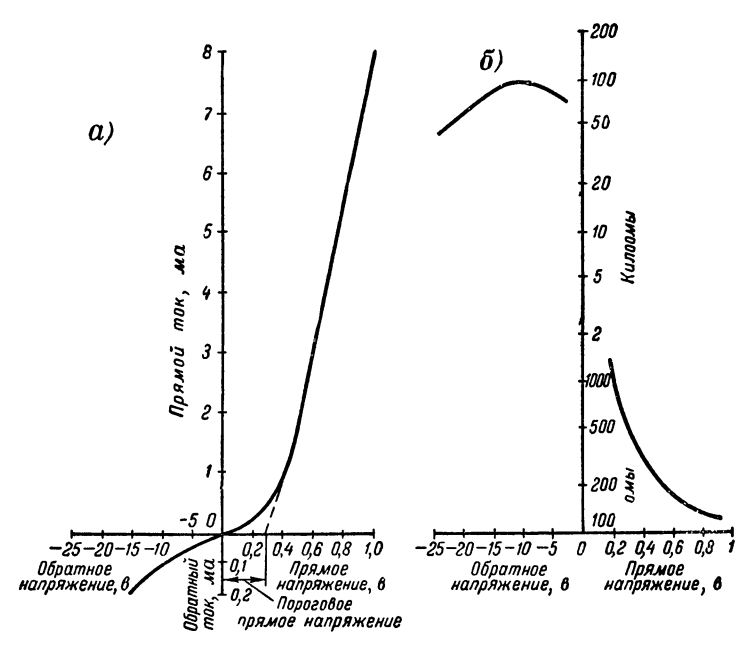


Рис. 11-6. Примерные характеристики германиевого полупроводникового диода. *а* — вольт-амперная; *б* — вольт-омная.

Кривая, показывающая зависимость величины тока через диод от приложенного к нему напряжения, называется **вольт-амперной характеристикой** диода (рис. 11-6,*а*). Часть ее, лежащая вправо от вертикальной оси графика, соответствует прямому току через диод, а часть, лежащая влево от вертикальной оси, — обратному току.

Кривая, показывающая зависимость сопротивления диода от приложенного к нему напряжения в обоих направлениях, называется **вольтомной характеристикой** диода (рис. 11-6,*б*).

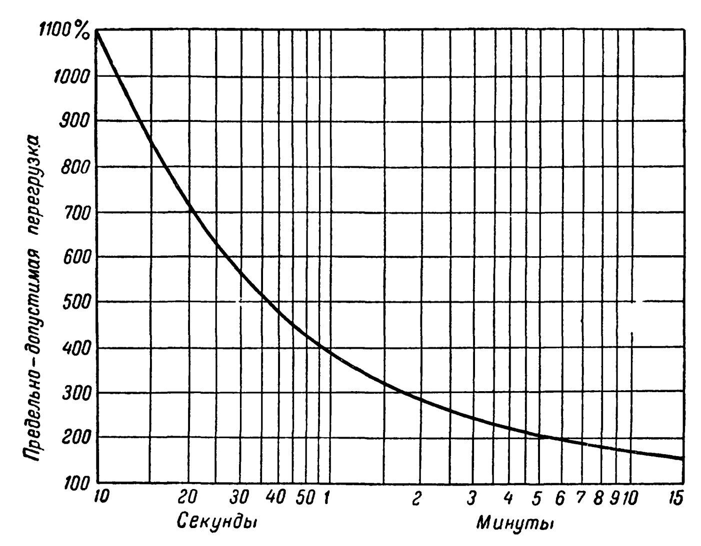


Рис. 11-7. Допустимые перегрузки селеновых элементов и столбиков выпрямленным током.

Применимость диодов различных типов и групп

Схема или устройство	Какой диод или столбик используется
Детектор детекторного радиоприемника	Точечный германиевый диод любого типа и группы (желательно с возможно большим прямым током)
Второй детектор, устройство АРУ супергетеродина	Диод Д1А, Д1Б, Д1Д, Д2Б, Д2Д, ДГ-Ц2, ДГ-Ц4, ДГ-Ц12 или ДГ-Ц13
Детектор сигналов изображения телевизионного приемника	Диод Д1Б, Д2Б, ДГ-Ц1 или ДГ-Ц12
Дискриминатор приемника ЧМ сигналов, звукового канала телевизионного приемника	Диоды Д2Б, ДГ-Ц1, ДГ-Ц12 или ДГ-Ц13
Схема восстановления постоянной составляющей в цепи управляющего электрода электронно-лучевой трубки, ограничитель уровня сигнала	Диод Д1Д, Д1Е, Д2Г, ДГ-Ц5, ДГ-Ц7 или ДГ-Ц14
Измерительная аппаратура	Диоды Д1В, Д2А, Д2Б, Д9Д, ДГ-Ц8, ДГ-Ц12, ДГ-Ц14

Выпрямитель для питания нитей ламп прямого накала	Диоды Д7А, ДГ-Ц21, селеновый столбик из элементов размером от 22×22 до 60×60 *мм* или диаметром от 25 до 45 *мм* (в зависимости от требуемого тока)
Выпрямитель, дающий напряжение смещения на управляющие сетки электронных ламп приемников и усилителей.	Диоды Д2Е, Д2Ж, ДГ-Ц6, ДГ-Ц7, селеновый столбик из элементов диаметром 7,2, 18 *мм* или размером 15×15 *мм*
Выпрямитель для питания анодных и экранных цепей электронных ламп радиоприемника или усилителя	Диоды Д7Д, Д7Е, Д7Ж, ДГ-Ц25, ДГ-Ц26, ДГ-Ц27, пакетный селеновый выпрямитель АВС-80-260, АВС-120-270, селеновый столбик из элементов размером от 15×15 до 30×30 *мм* или диаметром от 18 до 35 *мм* (в зависимости от величины потребляемого тока)
Выпрямитель для зарядки аккумуляторов	Селеновый выпрямительный столбик из элементов диаметром 90 *мм*, размером 100×100 *мм* или больше, либо диоды Д304—Д305 (в зависимости от требуемого зарядного тока).

11-3. ТРАНЗИСТОРЫ

Классификация транзисторов

Полупроводниковым триодом или транзистором называется прибор с тремя электродами (выводами), предназначенный для усиления и генерирования электрических сигналов. Транзисторы заменяют электронные лампы с управляющими сетками. Однако лампа может работать без тока в цепи управляющей сетки (энергия в этой цепи не расходуется), а транзистор всегда работает с током в цепи управляющего электрода; в этой цепи всегда имеет место потребление энергии.

Виды транзисторов. Основной частью всякого транзистора, как и полупроводникового диода, является пластинка из германия или кремния. Соответственно транзисторы называются германиевыми и кремниевыми.

По конструкции транзисторы разделяются на точечные (точечно-контактные) и плоскостные. Последние в свою очередь разделяются на сплавные, диффузионно-сплавные, поверхностно-барьерные и др. В радиолюбительской практике в настоящее время наибольшее распространение имеют германиевые сплавные транзисторы.

Транзисторы, которые могут отдавать при усилении мощности от десятых долей ватта и выше, называют мощными транзисторами.

Транзисторы с предельной частотой (см. стр. 451) 10 *Мгц* и выше называют высокочастотными транзисторами.

Кроме того, плоскостные транзисторы разделяются на транзисторы типа *p-n-p* и типа *n-p-n* (подробнее см. стр. 437).

Наименования типов транзисторов. Наименование типа транзистора по ГОСТ 5461-56 состоит из буквы и числа, указывающего номер типа транзистора. После этого числа может быть (но не обязательно) еще буква,

указывающая разновидность типа (группу) транзистора. Наименование плоскостного транзистора начинается с буквы П, а точечного — с буквы С. Номер в наименовании типа транзистора указывает на его назначение, конструкцию и примененный в нем полупроводниковый материал.

Номера от 1 до 7 были присвоены различным германиевым маломощным и мощным, точечным и плоскостным транзисторам относительно старых типов. Остальные номера в пределах первой сотни (от 8 до 99) присваиваются с 1957 г. только маломощным германиевым транзисторам. Следующие по порядку номера присваиваются:

от 101 до 199 — маломощным кремниевым транзисторам;
» 201 » 299 — мощным низкочастотным германиевым транзисторам;
» 301 » 399 — мощным низкочастотным кремниевым транзисторам;
» 401 » 499 — высокочастотным германиевым транзисторам;
» 501 » 599 — высокочастотным кремниевым транзисторам;
» 601 » 699 — мощным высокочастотным транзисторам.

Устройство транзисторов

Сплавные транзисторы. В центре двух противоположных плоскостей пластинки полупроводника сплавного транзистора вплавлено по одному электроду в виде капель специальных материалов (рис. 11-8,*а*). Пластинка помещена в герметичный, обычно металлический корпус. От пластинки и других электродов сделаны выводы.

Основная масса пластинки полупроводника называется базой (или основанием) транзистора. Вплавленные электроды называются эмиттером и коллектором. Эмиттер обычно имеет меньшие размеры, чем коллектор. При использовании транзистора в радиотехнических схемах его база чаще всего выполняет функции управляющей сетки, эмиттер — катода и коллектор — анода электронной лампы.

Таким образом, транзистор представляет собой два полупроводниковых диода на одной пластинке полупроводника, включенных навстречу друг другу, причем вывод от последней является общим для обоих этих диодов.

р-n-переход в пластинке полупроводника у эмиттерного электрода называется эмиттерным переходом, а *р-n*-переход у коллекторного электрода — коллекторным. Переходы расположены внутри пластинки полупроводника очень близко друг к другу; поэтому изменение токов через один из *р-n*-переходов приводит к изменению тока через другой. Чем меньше расстояние между *р-n*-переходами, тем на более высоких частотах может давать усиление и генерировать колебания транзистор.

Транзисторы, у которых пропускные направления *р-n*-переходов от коллектора и эмиттера к базе (средняя область пластинки обладает электронной проводимостью), называются транзисторами *р-n-р*, а транзисторы, у которых эти направления от базы к эмиттеру и коллектору (средняя область пластинки обладает дырочной проводимостью), — транзисторами типа *n-р-n*.

Эмиттеры и коллекторы германиевых транзисторов типа *р-n-р* сделаны из индия (иногда с добавками других элементов — галлия, золота), германиевых типа *n-р-n* — из сплава сурьмы со свинцом, а кремниевых типа *n-р-n* — из сплава фосфора со свинцом.

Поверхностно-барьерные и диффузионно-сплавные транзисторы. У поверхностно-барьерного транзистора (рис. 11-8,*б*) электроды нанесены

в виде тонких слоев металла в углубления, вытравленные электрохимическим способом с двух сторон средней части пластинки полупроводника. У диффузионно-сплавного транзистора (рис. 11-8,*в*) коллектором является пластинка исходного полупроводника, эмиттер вплавлен, а тонкая базовая область образуется за счет диффузии особых примесей, входящих

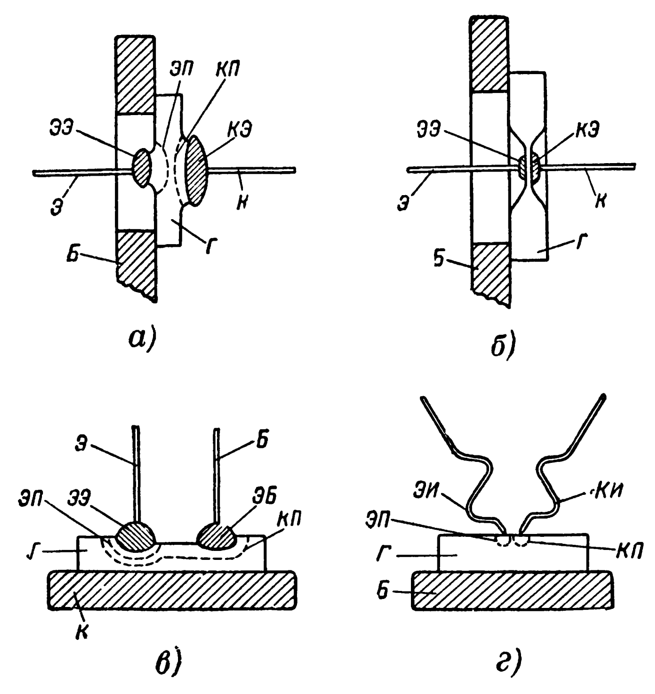


Рис. 11-8. Схематическое устройство транзисторов (в разрезе).
а — маломощного плоскостного сплавного; *б* — высокочастотного поверхностно-барьерного; *в* — высокочастотного диффузионно-сплавного; *г* — точечного.

Г — пластинка полупроводника (германий или кремний); *Б* — вывод базы; *ЭБ* — электрод базы; *ЭП* — эмиттерный *р-п*-переход; *ЭЭ* — электрод эмиттера; *ЭИ* — эмиттерная игла; *Э* — вывод эмиттера; *КП* — коллекторный *р-п*-переход; *КЭ* — электрод коллектора; *КИ* — коллекторная игла; *К* — вывод коллектора.

в состав эмиттерного сплава. Все эти транзисторы также имеют по два *р-п*-перехода.

Точечные транзисторы. В точечном транзисторе (рис. 11-8,*г*) на очень близком расстоянии друг от друга (порядка 0,05—0,08 *мм*) к поверхности пластинки полупроводника приварены концы двух металлических игл, т. е. точечный транзистор конструктивно представляет собой как бы два точечных полупроводниковых диода на одной пластинке полупроводника. Одна из игл является эмиттером, а другая — коллектором. Под ними находятся *р-п*-переходы.

Точечные транзисторы работают в приемниках и усилителях менее устойчиво по сравнению с плоскостными транзисторами, вносят при уси-

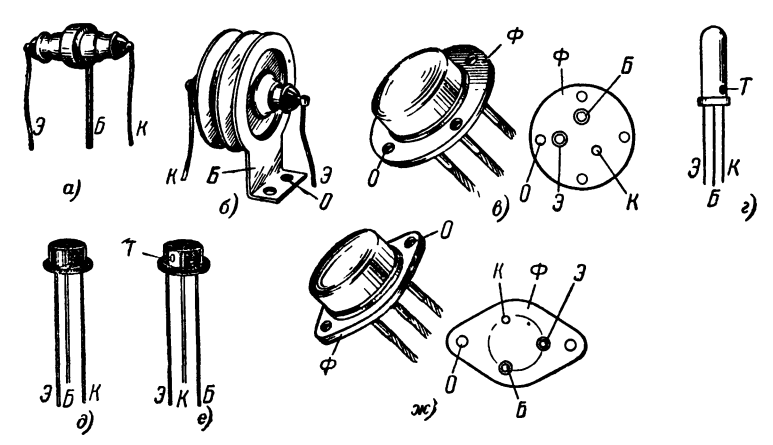


Рис. 11-9. Общий вид и расположение выводов транзисторов.

а — П1А — П1И, П2А, П2Б; *б* — П3А — П3В; *в* — П4А — П4Д; *г* — П5А — П5Д; *д* — П6А — П6Д, П8 — П10, П13 — П15, П101 — П106; *е* — П401 — П403А; *ж* — П201 — П203.

Б — вывод базы; *К* — вывод коллектора; *Э* — вывод эмиттера; *Т* — белая или цветная точка; *Ф* — фланец-теплоотвод; *О* — отверстия для крепления транзистора к шасси.

лении больше шумов, менее прочны и обладают рядом других недостатков. Поэтому точечные транзисторы в современной радиотехнической аппаратуре применяются очень редко, и их производство прекращено.

Три схемы включения транзисторов

Полярность включения питания на транзисторы. Чтобы транзистор мог усиливать или генерировать электрические колебания, к его коллекторному *p-n*-переходу должно быть приложено от источника питания напряжение в запорном направлении, а к эмиттерному переходу — меньшее по величине напряжение в пропускном направлении. Практически для этого коллектор транзистора типа *p-n-p* должен получать отрицательный потенциал по отношению к другим его электродам, а его эмиттер — положительный потенциал меньшей величины по отношению к базе (или база должна иметь небольшой отрицательный потенциал по отношению к эмиттеру).

В транзисторе типа *n-p-n* полярность включения источников питания должна быть обратной: коллектор должен иметь положительный потенциал по отношению к другим электродам, а эмиттер — отрицательный потенциал по отношению к базе (база — небольшой положительный потенциал по отношению к эмиттеру).

Схемы каскадов. Транзистор может быть включен в каскад усиления: а) по схеме с общим эмиттером; б) по схеме с общей базой или в) по схеме с общим коллектором. Эти термины указывают, какой из электродов тран-

зистора является общим для его входной и выходной цепей, т. е. через какой из его электродов идут одновременно входной и выходной токи.

В технической литературе эти схемы иногда называют соответственно схемами с заземленным эмиттером, с заземленной базой и с заземленным коллектором. Последние наименования схем являются неточными, поскольку с землей в схеме может быть соединен любой из электродов транзистора, не обязательно тот, который является «общим».

Заметим, что в практических усилительных схемах для постоянных токов питания может быть общим один электрод, а для переменных токов сигнала — другой.

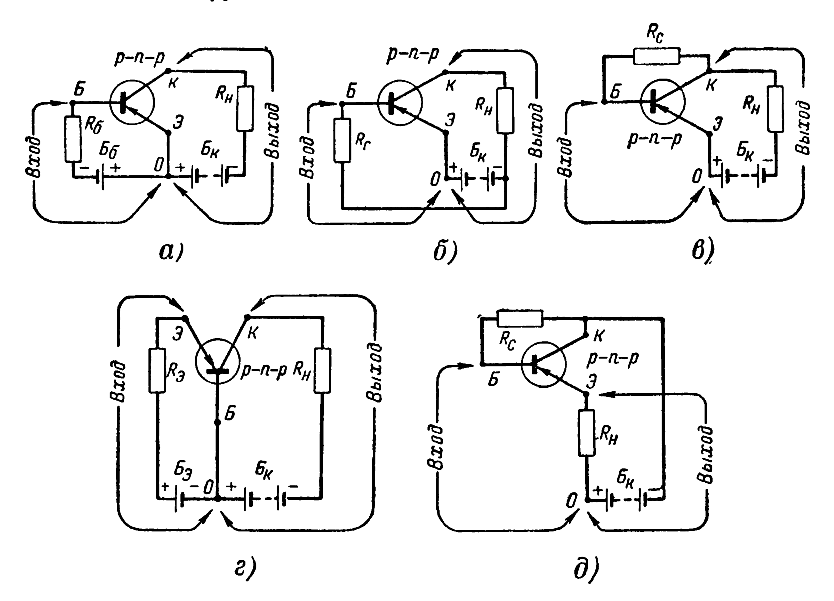


Рис. 11-10. Основные схемы включения транзисторов в усилительный каскад.
а — схема с общим эмиттером, смещение на базу подается от специальной батареи; *б* — схема с общим эмиттером; от батареи, питающей цепь коллектора, одновременно подается смещение на базу; *в* — схема с общим эмиттером; вариант подачи смещения на базу; *г* — схема с общей базой; *д* — схема с общим коллектором.

На схемах рис. 11-10 полярность включения батарей показана применительно к транзисторам типа *p-n-p*. Если в схемах используются транзисторы типа *n-p-n*, полярность включения батарей должна быть изменена на обратную, а в остальном эти схемы ничем не отличаются друг от друга.

Схема с общим эмиттером (рис. 11-10, *а* и *б*). Здесь входной сигнал прикладывается к выводам базы и эмиттера. Источник питания цепи коллектора $Б_к$ и последовательно соединенное с ним нагрузочное сопротивление $R_н$ включены между выводами эмиттера и коллектора. Смещение на базу может быть подано от отдельного источника $Б_б$ через сопротивление $R_б$ (рис. 11-10,*а*). Практически же обычно смещение на базу подают от источника питания коллектора $Б_к$ через сопротивление $R_с$

(рис. 11-10,*б*), снижающее напряжение источника питания $Б_к$ до необходимой величины.

Разновидностью схемы с общим эмиттером является схема рис. 11-10,*в*, в которой второй конец сопротивления смещения R_c перенесен с отрицательного полюса батареи $Б_к$ на коллектор. В связи с этим изменение напряжения коллектора вызывает изменение напряжения базы — возникает отрицательная обратная связь, стабилизирующая рабочую точку транзистора, но зато снижающая усиление каскада.

Схема с общим эмиттером аналогична усилительной схеме на электронной лампе с заземленным катодом. Транзистор в схеме с общим эмиттером дает наибольшее усиление по мощности (см. стр. 450) по сравнению с другими схемами включения транзистора и усиление по току больше единицы.

Точечные транзисторы в схеме с общим эмиттером не применяют, так как усилительный каскад по такой схеме с точечным транзистором имеет склонность к самовозбуждению.

Схема с общей базой (рис. 11-10,*г*). В этой схеме входной сигнал также прикладывается к выводам базы и эмиттера, а источник питания коллектора $Б_к$ и сопротивление нагрузки $R_н$ включены между выводами коллектора и базы. Назначение источника питания $Б_э$ такое же, как у источника $Б_б$ в схеме с общим эмиттером (рис. 11-10, *а*).

Плоскостной транзистор в схеме с общей базой дает усиление по току меньше единицы и меньшее усиление по мощности, чем в схеме с общим эмиттером.

В усилителях на точечных транзисторах используется только схема с общей базой. Точечный транзистор в этом случае дает небольшое усиление по току, но усиление по мощности все же меньше, чем в случае плоскостного транзистора.

Схема с общим коллектором (рис. 11-10, *д*). Ее называют также схемой с нагрузкой в цепи эмиттера или эмиттерным повторителем. В схеме с общим коллектором входной сигнал прикладывается к выводу базы и к выводу эмиттера через сопротивление нагрузки $R_н$. Вследствие этого получается глубокая отрицательная обратная связь (см. стр. 143). Источник питания коллектора $Б_к$ с нагрузочным сопротивлением $R_н$ включены между выводом коллектора и выводом эмиттера в другой последовательности, чем в схеме с заземленным эмиттером. Через сопротивление R_c осуществляется смещение на электрод базы.

Плоскостной транзистор в схеме с общим коллектором дает относительно небольшое усиление по мощности, а его усиление по току несколько больше, чем в схеме с общим эмиттером.

Точечные транзисторы в схеме с общим коллектором не применяют, так как здесь они работают неустойчиво, схема склонна к самовозбуждению.

Цепи схем на транзисторах. В схемах с транзисторами различают следующие основные электрические цепи.

Цепь коллектора. Для постоянного тока эта цепь образуется источником ее питания $Б_к$, сопротивлением нагрузки $R_н$ и другими элементами, если таковые имеются, включенными между выводами коллектора и общего электрода.

В практических схемах усилителей в цепь коллектора, кроме сопротивления $R_н$ или вместо него, могут быть включены обмотка трансформатора, катушка индуктивности (дроссель), а также конденсаторы и другие детали. В этом случае постоянная и переменная со-

ставляющие тока коллектора могут идти во внешней цепи различными путями.

Цепь базы. В схеме с общим эмиттером и в схеме с общим коллектором в эту цепь входят все элементы, включенные между выводом базы и выводом общего электрода (некоторые из этих элементов могут одновременно принадлежать цепи коллектора, например источник питания в схеме рис. 11-10,*б*).

Цепь эмиттера. В схеме с общей базой и в схеме с общим коллектором в эту цепь входят элементы схемы, включенные между выводом эмиттера и выводом общего электрода.

Основные параметры транзисторов

Напряжение коллектора $U_к$. Это напряжение между выводами коллектора и общего электрода. При наличии сопротивления между источником питания и выводом коллектора (в схеме с общим коллектором — между источником питания и выводом эмиттера) напряжение коллектора ниже напряжения источника питания цепи коллектора, так как часть напряжения источника питания падает на этом сопротивлении. Постоянное напряжение коллектора называют также напряжением смещения коллектора или просто смещением коллектора.

На этикетках транзисторов и в справочных таблицах обычно указывают величину постоянного напряжения коллектора, при которой измеряют различные его параметры; эта же величина рекомендуется для работы транзистора в практических схемах.

Напряжение коллектора предельно допустимое $U_{к.\,макс}$. Это наибольшее постоянное напряжение, которое можно подводить к коллектору транзистора от источника питания в режиме покоя или в динамическом режиме, не опасаясь сокращения срока его службы.

Для большинства транзисторов предельно допустимое напряжение коллектора в схеме с общей базой выше, чем при включении их по другим схемам. При повышении температуры предельно допустимое напряжение коллектора снижается.

Для транзисторов некоторых типов, кроме предельно допустимого постоянного напряжения коллектора, регламентируется также предельно допустимое пиковое напряжение коллектора — наибольшая величина изменяющегося во времени напряжения коллектора, равная арифметической сумме постоянного напряжения коллектора и амплитуды переменной составляющей напряжения в цепи коллектора.

Ток коллектора $I_к$. Это ток, протекающий через коллекторный *p-n*-переход и вывод коллектора.

Величина тока коллектора зависит от напряжения коллектора, тока (напряжения) базы в схеме с общим эмиттером, тока (напряжения) эмиттера в схеме с общей базой.

В этикетках транзисторов и в справочных таблицах иногда указывают величину постоянного тока коллектора транзистора, при которой измеряют различные его параметры; эта же величина рекомендуется для работы транзистора в практических схемах.

Нулевой ток коллектора (обратный ток коллектора) $I_{к0}$. Это ток через вывод коллектора транзистора и его коллекторный *p-n*-переход при разомкнутой цепи эмиттера (эмиттер никуда не присоединен, рис. 11-11,*а*). По своей природе нулевой ток коллектора аналогичен обратному току полу-

проводникового диода. Чем меньше нулевой ток коллектора, тем лучше транзистор.

В этикетках германиевых транзисторов и в справочных таблицах указывают наибольшую возможную величину нулевого тока коллектора, измеряемую при определенном напряжении коллектора в условиях комнатной температуры (не свыше 25°С). Превышение этого тока указывает на то, что транзистор будет плохо работать в аппаратуре и возможен быстрый выход его из строя.

Нулевой ток коллектора кремниевых транзисторов обычно указывают при повышенной рабочей температуре, так как при комнатной температуре он ничтожно мал.

При повышении температуры нулевой ток коллектора увеличивается, а при понижении уменьшается.

Начальный ток коллектора $I_{к.н}$. Измеряется при соединенных накоротко выводах эмиттера и базы транзистора (рис 11-11,*б*). В этикетках

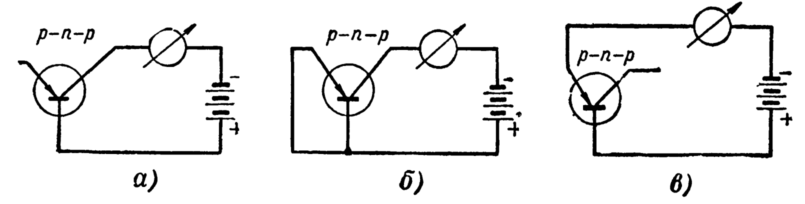


Рис. 11-11. Схемы проверки транзисторов
а — для измерения нулевого тока коллектора; *б* — для измерения начального тока коллектора; *в* — для измерения обратного тока эмиттера.

транзисторов и в справочных таблицах указывают наибольшее возможное значение начального тока транзисторов данного типа (группы) при некотором определенном (чаще всего при предельно допустимом) напряжении коллектора в условиях комнатной температуры. Если у транзистора начальный ток больше указываемой величины, нет гарантии нормальной его работы в аппаратуре и возможен быстрый выход его из строя.

При повышении температуры начальный ток коллектора увеличивается, а при понижении уменьшается.

Если вывод базы отключить от батареи и никуда не присоединять, через транзистор пойдет сквозной ток (о его измерении см. § 9-10).

Ток коллектора предельно допустимый $I_{к.\,макс}$. Это наибольшая величина постоянного тока, который может протекать длительное время в цепи коллектора транзистора, не вызывая сокращения срока его службы или необратимого ухудшения его свойств.

Мощность, рассеиваемая коллектором, $P_к$. Это превращающаяся в тепло мощность тока коллектора, т. е. мощность, бесполезно расходуемая от источника питания на нагревание транзистора.

При отсутствии сигнала эта мощность определяется как произведение постоянного напряжения коллектора на постоянный ток коллектора. При наличии сигнала рассеиваемая коллектором мощность определяется как произведение постоянной составляющей напряжения коллектора на постоянную составляющую тока коллектора минус мощность, отдаваемая во внешнюю цепь.

Мощность, рассеиваемая коллектором, предельно допустимая $P_{к.\,макс}$ Это наибольшее значение рассеиваемой коллектором мощности, при ко-

торой не наблюдается недопустимо большого нагрева транзистора, могущего привести к необратимому ухудшению его параметров и сокращению срока службы.

При повышении температуры окружающей среды предельно допустимая мощность уменьшается.

Напряжение базы $U_б$. Это напряжение между выводами базы и эмиттера в схеме с общим эмиттером. Для нормальной работы транзистора в усилительном каскаде оно должно иметь такой же знак, что и напряжение коллектора, но быть значительно меньше последнего по величине. Постоянное напряжение, прикладываемое от батареи к электродам база — эмиттер, называют также смещением базы.

Ток базы $I_б$. Это ток, протекающий через вывод базы. Постоянный ток базы называют иногда током смещения базы.

Ток базы предельно допустимый $I_{б.\,макс}$. Это наибольшая величина постоянного тока, который может длительное время протекать в цепи базы транзистора, не вызывая необратимого ухудшения его свойств или сокращения срока его службы. Обычно регламентируется только для мощных транзисторов при работе их в схеме с общим эмиттером.

Напряжение эмиттера $U_э$. Это напряжение между выводами эмиттера и базы в схеме с общей базой.

Для нормальной работы транзистора в усилительной схеме напряжение эмиттера должно иметь обратную полярность по сравнению с напряжением коллектора.

Постоянное напряжение эмиттера, прикладываемое от батареи к электродам база — эмиттер, называют также напряжением смещения эмиттера или сокращенно смещением эмиттера.

Напряжение эмиттера предельно допустимое $U_{э.\,макс}$. Это наибольшее напряжение, которое можно приложить между выводами эмиттера и базы с полярностью, соответствующей запорному направлению эмиттерного *p-n*-перехода (т. е. с полярностью, обратной по сравнению с необходимой для нормальной работы транзистора в усилительной схеме), не опасаясь необратимого ухудшения свойств транзистора.

Ток эмиттера $I_э$. Это ток, протекающий через эмиттерный *p-n*-переход и вывод эмиттера. В этикетках маломощных транзисторов и в справочных таблицах обычно указывают величину постоянного тока эмиттера транзистора, при которой измеряют различные его параметры; эта же величина рекомендуется для работы транзистора в практических схемах.

Постоянный ток эмиттера равен сумме постоянных токов коллектора и базы.

Обратный ток эмиттера $I_{э.\,0}$. Это ток через эмиттерный *p-n*-переход транзистора при включении на выводы его эмиттера и базы постоянного напряжения в запорном направлении при разомкнутой цепи коллектора (рис. 11-11,*в*). По своей природе аналогичен обратному току диода. Для некоторых типов транзисторов является критерием их годности. В этикетках таких транзисторов и в справочных таблицах указывают наибольшую возможную величину обратного тока эмиттера, измеряемую при определенном напряжении между базой и эмиттером в условиях комнатной температуры.

При повышении температуры обратный ток эмиттера увеличивается.

Ток эмиттера предельно допустимый $I_{э.\,макс}$. Это наибольшая величина постоянного тока, который может длительное время протекать в цепи эмиттера транзистора, не приводя к необратимому ухудшению его свойств или к сокращению срока его службы.

Таблица 11-5

Предельно допустимые режимы транзисторов в усилительных каскадах

Тип транзистора	Постоянное напряжение коллектора, *в*, при разных схемах		Токи, *ма*			Мощность, рассеиваемая коллектором, *вт*	
	Общий эмиттер	Общая база	коллектора	эммитера	базы	без теплоотвода	с теплоотводом
П1А—П1И	— 7,5[1]	— 10[2]	5	5	—	0,05[3]	—
П2А	— 40[4]	— 50[5]	10	10	—	0,25[6]	—
П2Б	— 20[7]	— 25[8]	25	25	—	0,25[6]	—
П3А	— 50	—	150	—	—	1	3,5[9]
П3Б	— 50	—	250	—	—	1	3,5[9]
П3В	— 50	—	450	—	—	1	3,5[9]
П4А	— 50	— 60	5 000	—	1 200	2	25[10]
П4Б	— 60	— 70	5 000	—	1 200	3	30[11]
П4В	— 35	— 50	5 000	—	1 200	3	30[11]
П4Г	— 50	— 60	5 000	—	1 200	3	30[11]
П4Д	— 50	— 60	5 000	—	1 200	3	30[11]
П5А—П5Д	— 7,5[12]	— 10[12]	10	10	—	0,025[12]	—
П6А—П6Д	— 15[13]	— 15[13]	10	10	—	0,15[13]	—
П8, П9, П9А, П10, П11	15[13]	20[13]				0,15[13]	—
П12	— 6	—	5	5	—	0,03	—
П13, П13А, П13Б, П14, П15	— 15[13]	— 15[13]	20	20	—	0,15[13]	—
П101	—	20	10	10	—	0,15	—
П101А, П102, П103	10	10	10	10	—	0,15	—
П201, П201А	— 22	—	1 500	—	—	1[12]	10[14]
П202	— 30	—	1 500	—	—	1[12]	10[14]
П203	— 30	—	1 500	—	—	1[12]	10[14]
П207, П207А	40	—	20 000	—	500	—	100
П208, П208А	60	—	20 000	—	500	—	100
П209, П209А	— 40	—	10 000	—	300	—	60
П210, П210А	— 60	—	10 000	—	300	—	60
П401, П402, П403, П403А	— 10	—	10	—	—	0,1	—
П406, П407	— 6	—	5	—	—	0,03	—

[1] Не более — 5 *в* при температуре окружающего воздуха 30—50° С.
[2] Не более — 7,5 *в* при температуре окружающего воздуха 30—50° С.
[3] Не более 0,03 *вт* при температуре окружающего воздуха 30—50° С.
[4] Не более 25 *в* при температуре окружающего воздуха 40—50° С.
[5] Не более 40 *в* при температуре окружающего воздуха 40—50° С.
[6] Не более 0,12 *вт* при температуре окружающего воздуха 40—50° С.
[7] Не более 12 *в* при температуре окружающего воздуха 40—50° С.
[8] Не более 25 *в* при температуре окружающего воздуха 40—50° С.
[9] Площадь шасси не менее 50 *см*² на каждый триод.
[10] Не более 15 *вт* при температуре окружающего воздуха 30—50° С.
[11] Не более 20 *вт* при температуре окружающего воздуха 30—50° С.
[12] При температуре окружающего воздуха не выше 25° С.
[13] При температуре окружающего воздуха не выше 50° С.
[14] При температуре окружающего воздуха не выше 65° С.

Таблица 11-6

Типовые режимы работы и параметры плоскостных маломощных транзисторов

Тип, группа	Типовой режим работы: Напряжение коллектора, *в*	Типовой режим работы: Ток эмиттера, *ма*	Типовой режим работы: Коэффициент усиления по мощности [2] не менее, *дб*	Параметры на низкой частоте: Коэффициенты усиления по току: β	Параметры на низкой частоте: Коэффициенты усиления по току: α	Параметры на низкой частоте: Входное сопротивление [3], *ом*	Параметры на низкой частоте: Выходная проводимость [3] не более, *мкмо*	Предельная частота [3] f_α не менее, *кгц*	Нулевой ток коллектора [4] не более, *мка*
П1А	—10	1	30	⩾9	⩾0,9	—	3,3	100	30
П1Б	—10	1	33	⩾13	⩾0,93	—	2	100	30
П1В	—10	1	37	13—32	0,93—0,97	—	1	100	15
П1Г	—10	1	37	⩾24	⩾0,96	—	2	100	30
П1Д	—10	1	33	⩾15	⩾0,94	—	2	100	15
П1Е	—10	1	—	⩾15	⩾0,94	—	3,3	465	30
П1Ж	—10	1	—	⩾19	⩾0,95	—	3,3	1 000	20
П1И	—10	1	—	⩾24	⩾0,96	—	2	1 600	20
П5А	—2	1	—	⩾13	⩾0,93	⩽40	3,3	100	30
П5Б	—2	1	—	19—39	0,95—0,975	⩽40	2,6	300	15
П5В	—2	1	—	32—200	0,97—0,995	⩽40	2,6	300	15
П5Г	—2	1	—	32—200	0,97—0,995	⩽40	2,6	300	15
П5Д	—2	1	—	19—39	0,95—0,975	⩽40	2,6	300	10
П6А	—5	1	30	⩾9	⩾0,9	25—35	3,3	100	30
П6Б	—5	1	34	9—15	0,9—0,94	25—35	2	465	15
П6В	—5	1	34	15—49	0,94—0,98	25—35	2	465	15
П6Г	—5	1	37	⩾32	⩾0,97	25—35	3,3	1 000	15
П6Д	—5	1	34	⩾9	⩾0,9	25—35	2	465	15

Продолжение табл. 11-6

Тип, группа	Типовой режим работы: Напряжение коллектора, *в*	Типовой режим работы: Ток эмиттера, *ма*	Типовой режим работы: Коэффициент усиления по мощности[2] не менее, *дб*	Параметры на низкой частоте: Коэффициенты усиления по току: β	Параметры на низкой частоте: Коэффициенты усиления по току: α	Параметры на низкой частоте: Входное сопротивление[3], *ом*	Параметры на низкой частоте: Выходная проводимость[3] не более, *мкмо*	Предельная частота[3] f_α не менее, *кгц*	Нулевой ток коллектора[4] не более, *мка*
П8	5	1	—	≥9	≥0,9	—	3,3	100	30
П9	5	1	—	9—15	0,9—0,94	—	2	465	15
П9А	5	1	—	≥15	≥0,94	—	2	465	15
П10	5	1	—	≥15	≥0,94	—	2	1 000	15
П11	5	1	—	≥15	≥0,94	—	2	1 600	15
П12	—6	1	—	≥19	≥0,95	—	2	5 000	6[5]
П13	—5	1	—	≥12	≥0,92	25—35	3,3	500	15[6]
П13А	—5	1	—	≥32	≥0,97	25—35	2	500	15[6]
П13Б	—5	1	—	20—60	—	25—35	2	500	10[6]
П14	—5	1	—	20—40	—	25—35	3,3	1 000	15[6]
П15	—5	1	—	30—60	—	25—35	3,3	2 000	15[6]
П101	5	1	—	≥9	≥0,9	—	3,3	200	—
П101А	5	1	—	≥9	≥0,9	—	3,3	200	—
П102	5	1	—	≥13	≥0,93	—	2	465	—
П103	5	1	—	≥9	≥0,9	—	3,3	1 000	—
П401	—5	4	—	≥15	≥0,94	—	5	30 *Мгц*[7]	10
П402	—5	4	—	≥15	≥0,94	—	5	60 *Мгц*[7]	5
П403	—5	4	—	15—32	0,94—0,97	—	5	120 *Мгц*[7]	5
П403А	—5	4	—	≥32	≥0,97	—	5	120 *Мгц*[7]	5
П406	—6	1	—	≥19	≥0,95	—	2	10 000	6[5]
П407	—6	1	—	≥19	≥0,95	—	2	20 000	6[5]

[1] Транзисторы П8, П9, П9А, П10 и П11 — германиевые типа *n-p-n*; П101, П101А, П102 и П103 — кремниевые типа *n-p-n*, а все остальные — германиевые типа *p-n-p*.

[2] В схеме с общим эмиттером, при сопротивлении нагрузки 30 *ком*, сопротивлении источника входного сигнала 600 *ом*, на частоте 1 000 *гц*.

[3] В схеме с общей базой, на частоте 1 000 *гц*, при типовом рабочем режиме.

[4] Нулевой ток коллектора транзисторов П1А — П1И измеряется при напряжении 10 *в*, транзисторов П12, П406 и П407 — при напряжении 6 *в*, а всех остальных транзисторов — при напряжении 5 *в*.

[5] Обратный ток эмиттера при напряжении на нем 6 *в* не более 20 *мка*.

[6] Обратный ток эмиттера при напряжении на нем 5 *в* не больше величины, указанной для нулевого тока коллектора; начальный ток коллектора при предельно допустимом напряжении коллектора не более 30 *мка*.

[7] Максимальные частоты, на которых все транзисторы данного типа и группы устойчиво генерируют колебания.

[8] Указан начальный ток коллектора при напряжении эмиттер — коллектор — 30 *в*.

Таблица 11-7

Типовые рабочие режимы и параметры мощных транзисторов при их работе в усилителях

Тип транзистора	Схема включения	Режим работы, класс	Напряжение питания коллектора, *в*	Ток коллектора, *ма*	Напряжение, подаваемое от предыдущего каскада, *в*	Мощность, подводимая от предыдущего каскада, *мвт*	Выходное сопротивление предыдущего каскада, *ом*	Сопротивление нагрузки, *ом*	Отдаваемая каскадом мощность, *вт*	Коэффициент усиления по мощности не менее, *дб*	Коэффициенты усиления по току		Предельная частота усиления по току в схеме с общей базой не менее, *кгц*	Нулевой ток коллектора не более, *ма*	Начальный ток коллектора не более, *ма*
											β	α			
П2А	О. б.	А	—50	5	—	2	100	10 000	0,1[2]	17	—	⩾ 0,9	—	0,03[4]	—
П2Б	О. б.	А	—25	10	—	2	100	2 500	0,1[2]	17	—	—	—	0,03[4]	—
П3А	О. э.	А	—25	130	—	20	5	220	1[2]	17	⩾ 2	—	—	—	—
П3Б	О. э.	А	—12	250	—	20	5	50	1[2]	17	⩾ 2	—	—	0,25[4]	—
	О. э.	А	—25	130	—	10	5	220	1[2]	20	—	—	—	—	—
П3В	О. э.	А	—12	250	—	10	5	50	1[2]	20	⩾ 2	—	—	0,25[4]	—
	О. э.	А	—25	130	—	—	5	220	1[2]	25	—	—	—	—	—
П4А	О. э.	А	—26	1 000	—	100	15	25	10[2]	20	⩾ 5[3]	—	150	0,5[4]	50
П4Б	О. э.	А	—26	1 000	—	50	15	25	10[5]	23	8—20[3]	—	150	0,4[4]	20
П4В	О. э.	А	—26	1 000	—	—	15	25	10	—	⩾ 10[3]	—	150	0,4[4]	20
П4Г	О. э.	А	—26	1 000	—	20	15	25	10[5]	27	10—20[3]	—	150	0,4[4]	20
П4Д	О. э.	А	—26	1 000	—	10	15	25	10[5]	30	⩾ 30[3]	—	150	0,4[4]	20

Продолжение табл. 11-7

Тип транзистора	Схема включения	Режим работы, класс	Напряжение питания коллектора, *в*	Ток коллектора, *ма*	Напряжение, подаваемое от предыдущего каскада, *в*	Мощность, подводимая от предыдущего каскада, *мвт*	Выходное сопротивление предыдущего каскада, *ом*	Сопротивление нагрузки, *ом*	Отдаваемая каскадом мощность, *вт*	Коэффициент усиления по мощности не менее, *дб*	Коэффициенты усиления по току		Предельная частота усиления по току в схеме с общей базой не менее, *кгц*	Нулевой ток коллектора не более, *ма*	Начальный ток коллектора не более, *ма*
											β	α			
П201	О. э.	А	— 15	340	0,15	8	40	45	2,5 [2]	25	≥ 20 [6]	—	—	—	—
	О. б.	А	— 15	340	0,25	250	20	45	2,5 [7]	10	—	≥ 0,95 [6]	100 [8]	0,4 [8]	—
	О. к.	А	— 15	340	11	78	1 000	45	2,5 [9]	15	—	—	—	—	—
П201А	О. э.	А	— 15	340	0,15	8	40	45	2,5 [2]	25	≥ 40 [6]	—	—	—	—
	О. б.	А	— 15	340	0,25	250	20	45	2,5 [7]	10	—	≥ 0,97 [6]	200 [8]	0,4 [8]	—
	О. к.	А	— 15	340	11	78	1 000	45	2,5 [9]	15	—	—	—	—	—
П202	О. э.	А	— 22	240	0,12	8	40	100	2,5 [2]	25	≥ 20 [6]	—	—	—	—
	О. б.	А	— 22	240	0,16	125	20	100	2,5 [10]	13	—	≥ 0,95 [6]	200 [8]	0,4 [11]	—
	О. к.	А	— 22	240	17,5	78	5 000	100	2,5 [7]	15	—	—	—	—	—
П203	О. э.	Б	— 28	—	—	1 000	20	36	10 [5]	20	Крутизна характеристики 1200—1800 *ма/в*		200 [8]	0,4 [11]	—

[1] Отдаваемая мощность и коэффициент усиления по мощности указаны без учета потерь в выходном трансформаторе.
[2] При коэффициенте нелинейных искажений не более 15%.
[3] При напряжении коллектора — 10 *в*, токе коллектора 2 *а*, на частоте 1 000 *гц*, при выходном напряжении не более 40 *мв*.
[4] При напряжении коллектора — 10 *в*.
[5] При коэффициенте нелинейных искажений не более 10%.
[6] При напряжении коллектора — 20 *в*, токе коллектора 100 *ма*.
[7] При коэффициенте нелинейных искажений не более 7%.
[8] При напряжении коллектора — 20 *в*.
[9] При коэффициенте нелинейных искажений не более 12%.
[10] При коэффициенте нелинейных искажений не более 5%.
[11] При напряжении — 30 *в*.

Коэффициент усиления по току. Это отношение приращения тока выходного электрода транзистора к вызвавшему его приращению тока входного электрода. Может быть также определен при малой величине сигнала как отношение переменной составляющей тока в цепи выходного электрода к величине переменной составляющей этого тока в цепи входного электрода.

В этикетках и справочных таблицах приводят следующие коэффициенты усиления по току при отсутствии сопротивления нагрузки в цепи выходного электрода (источник питания коллектора включен непосредственно на выводы транзистора):

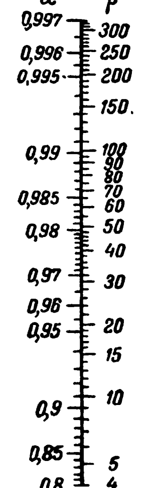


Рис. 11-12. График для определения коэффициента усиления по току β, по коэффициенту α и обратно.

α (альфа) — для включения транзистора по схеме с общей базой;

β (бета) — для включения транзистора по схеме с общим эмиттером (только для плоскостных транзисторов).

Коэффициент усиления по току α определяется как отношение переменной составляющей тока коллектора к переменной составляющей тока эмиттера. В этой схеме коэффициент усиления по току плоскостных транзисторов всегда меньше единицы (чаще всего в пределах 0,9—0,99), а у точечных достигает 3—5.

Следовательно, плоскостной транзистор в схеме с общей базой не дает усиления по току.

Коэффициент усиления по току β определяется как отношение переменной составляющей тока коллектора к переменной составляющей тока базы. Величина β всегда больше единицы и при этом $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ (рис. 11-12).

В этикетках транзисторов и в справочных таблицах указываются минимальные значения или пределы значений величин α и β на низкой частоте (обычно 1 000 или 270 *гц*) при определенных значениях питающих напряжений и токов электродов.

При других режимах питания и повышенных частотах величины α и β могут отличаться от указываемых в этикетках и в справочных таблицах.

Коэффициент усиления по току обозначается также символом h_{21}. Смысл этого символа: транзистор при использовании его в качестве усилителя можно представить себе как активный четырехполюсник (см. § 1-19). Входные зажимы его принято обозначать цифрами 1, а выходные — цифрами 2. Поэтому символ h_{21} (читают «аш два-один») выражает отношение тока через зажимы 2 к току через зажимы 1 четырехполюсника.

Коэффициент усиления по мощности — отношение выходной мощности, т. е. мощности переменного тока, выделяемой транзистором на его нагрузке, к полезной мощности, получаемой от источника входного сигнала (предыдущего каскада). Выражается в децибелах.

На этикетках и в справочных таблицах указывают наименьшее значение коэффициента усиления по мощности на низкой частоте (обычно 1 000 или 270 *гц*) в схеме с общим эмиттером при определенных значениях напряжения питания коллектора, постоянной составляющей тока эмиттера (для маломощных транзисторов) или тока коллектора (для мощных транзисторов), нагрузочного сопротивления. При других режимах пи-

тания и нагрузочных сопротивлениях коэффициент усиления по мощности будет иным.

Крутизна. Этот параметр транзистора аналогичен одноименному параметру электронной лампы. Им характеризуют некоторые типы мощных транзисторов при работе их в схеме с общим эмиттером. Крутизна транзистора — это отношение приращения тока коллектора к вызвавшему его приращению напряжения между базой и эмиттером. Может быть также определен как отношение переменной составляющей тока низкой частоты в цепи коллектора к величине переменного напряжения, действующего в цепи базы.

Предельная (граничная) частота усиления по току — параметр, характеризующий способность транзистора давать усиление на высоких частотах. За предельную частоту условно принимают такую частоту, на которой усиление по току уменьшается в $\sqrt{2}=1{,}41$ раза (на 3 *дб*) по сравнению с усилением, измеренным на эталонной низкой частоте (1 000 или 270 *гц*). Другими словами, это частота, на которой усиление по току составляет 0,707 от величины на эталонной низкой частоте.

Вследствие того что коэффициент усиления по току плоскостного транзистора, включенного по схеме с общей базой, на низкой частоте близок к единице, для упрощения за предельную частоту такого транзистора обычно принимают частоту, при которой его усиление по току равно 0,7.

На этикетках транзисторов и в справочных таблицах приводят наименьшее значение предельной частоты для транзисторов данного типа (и буквенной группы) при использовании их в схеме с общей базой и при типовом режиме работы. Эта частота обозначается f_α.

Предельная частота транзистора в схеме с общим эмиттером f_β всегда ниже его предельной частоты f_α в схеме с общей базой.

Частоту f_β можно узнать, умножив предельную частоту f_α транзистора на величину $1{,}2\,(1-\alpha)$. Следовательно, из числа транзисторов, обладающих одинаковой предельной частотой f_α, но различными коэффициентами усиления по току, наибольшая предельная частота f_β будет у транзистора с наименьшим коэффициентом усиления по току.

При отклонении режима питания транзистора от типового предельные частоты усиления по току f_α и f_β изменяются.

Максимальная частота генерирования $f_{макс}$. Это наибольшая частота, которую способен генерировать транзистор при типовом режиме питания. При уменьшении напряжения коллектора максимальная частота генерирования понижается, а при увеличении — повышается. Большинство транзисторов способно генерировать колебания с частотами, превышающими предельную частоту усиления по току f_α.

Входное сопротивление транзистора. Этот параметр характеризует транзистор как нагрузку для источника входного сигнала, например для предыдущего каскада усиления. Входное сопротивление определяется как отношение переменной составляющей напряжения входного электрода к переменной составляющей тока через этот электрод. Если сопротивление нагрузки в цепи коллектора отсутствует (источник питания коллектора включен непосредственно на выводы транзистора), а напряжение сигнала достаточно мало, то для этого случая входное сопротивление транзистора обозначается символом h_{11} (аш один-один).

Значение h_{11} зависит от схемы включения транзистора (какой электрод общий), режима питания, частоты сигнала и температуры.

В справочных данных приводят величины входных сопротивлений маломощных транзисторов при типовом режиме питания и частоте сигнала 270 или 1 000 *гц*.

Входное сопротивление h_{11} плоскостного транзистора в схеме с общей базой на низких частотах имеет порядок десятков ом, а в схеме с общим эмиттером (с общим коллектором) порядка сотен ом — единиц килоом.

Входное сопротивление усилительного каскада с транзистором зависит, кроме того, от величин сопротивлений, включенных в цепи различных электродов транзистора. Входное сопротивление каскада может существенно отличаться от величины h_{11}. Высокое входное сопротивление можно получить, применяя каскад по схеме с общим коллектором.

Выходная проводимость h_{22}. Этот параметр (читают «аш два-два») определяется как отношение переменной составляющей тока коллектора к переменной составляющей напряжения коллектора при разомкнутой для переменного тока входной цепи (практически разомкнутой входную цепь можно считать, если смещение на входной электрод подавать через большое сопротивление — порядка десятков тысяч ом). Этот параметр существенно зависит от режима питания транзистора, частоты и окружающей температуры.

В справочных данных и на этикетках транзисторов приводят наибольшие величины выходной проводимости h_{22} маломощных транзисторов в схеме с общей базой при малом сигнале с частотой 270 или 1 000 *гц* при типовом режиме питания. В комнатных условиях выходная проводимость таких транзисторов имеет величину порядка десятых долей — единиц микромо.

Выходная проводимость транзистора в схеме с общим эмиттером значительно больше выходной проводимости его в схеме с общей базой. Ее можно узнать, разделив выходную проводимость транзистора в схеме с общей базой на величину $1 - \alpha$.

Дифференциальное сопротивление коллектора $r_к$ является обратной величиной выходной проводимости транзистора h_{22} в схеме с общей базой, т. е. $r_к = \frac{1}{h_{22}}$. Следовательно, дифференциальное сопротивление коллектора определяется как отношение переменной составляющей напряжения коллектора к переменной составляющей тока коллектора в тех же условиях, как и параметр h_{22}.

При температурах 15—25°С дифференциальное сопротивление коллектора маломощного транзистора имеет величину порядка сотен тысяч ом — мегом.

Статические характеристики транзисторов (рис. 11-13)

Статическими характеристиками транзистора называют графики в виде кривых, выражающих зависимости между постоянными напряжениями и токами различных электродов транзистора.

Выходная (коллекторная) статическая характеристика транзистора показывает, как зависит ток коллектора от напряжения коллектора, если напряжение базы (в схеме с общим эмиттером) или напряжение эмиттера (в схеме с общей базой) поддерживается неизменным. Эта характеристика аналогична анодной характеристике пентода (см. § 10-5).

Семейством выходных статических характеристик называют несколько выходных характеристик одного и того же транзистора, отличающихся

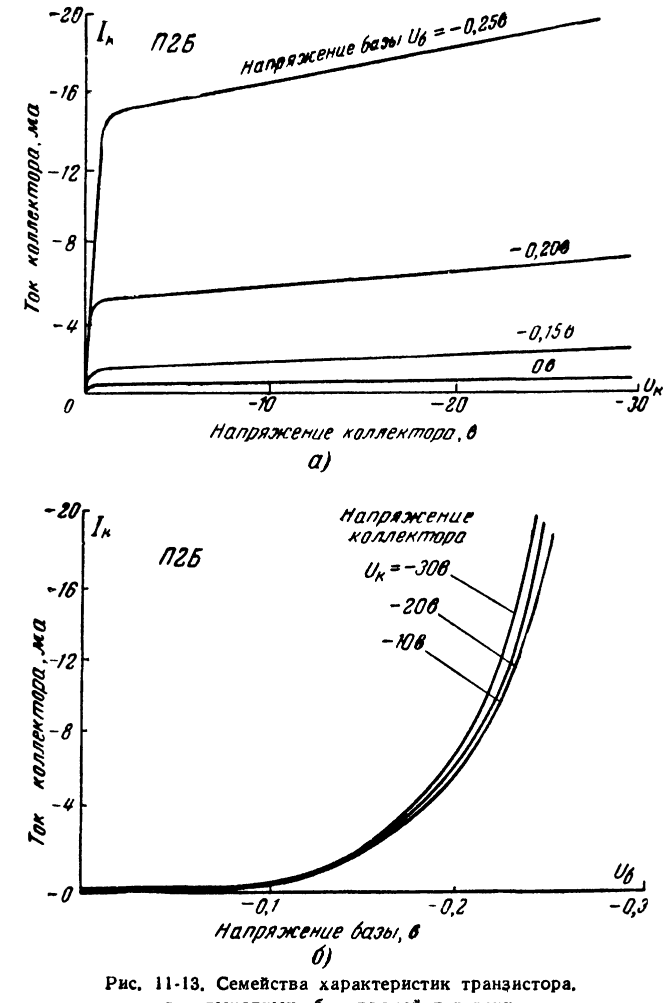


Рис. 11-13. Семейства характеристик транзистора.
а — выходных; *б* — прямой передачи.

тем, что каждая из них соответствует различным напряжениям эмиттера или базы.

Часто в литературе приводят выходные характеристики, соответствующие неизменному току эмиттера или базы (в зависимости от схемы включения транзистора).

Статическая характеристика прямой передачи показывает зависимость тока коллектора от напряжения эмиттера (в схеме с общей базой)

или напряжения базы (в схеме с общим эмиттером) при неизменном напряжении коллектора. Эта характеристика аналогична анодно-сеточной характеристике электронной лампы (см. § 10-5).

Семейством статических характеристик прямой передачи называют несколько характеристик прямой передачи, отличающихся тем, что каждая из них соответствует различным напряжениям коллектора.

В литературе встречаются характеристики прямой передачи, выражающие зависимость тока коллектора от тока эмиттера (для схемы с общей базой) или от тока базы (для схемы с общим эмиттером).

Входная статическая характеристика транзистора, включенного по схеме с общей базой, показывает зависимость тока эмиттера от напряжения эмиттера при неизменном напряжении коллектора (или неизменном токе коллектора); входная характеристика транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, выражает зависимость тока базы от напряжения базы при неизменном напряжении коллектора или тока коллектора.

Входные характеристики аналогичны сеточным характеристикам электронных ламп.

Семейством входных статических характеристик называют несколько входных характеристик, отличающихся тем, что каждая из них соответствует различным напряжениям или токам коллектора.

Статические характеристики обратной передачи (обратной связи) показывают зависимость напряжения или тока эмиттера (для схемы с общей базой) или базы (для схемы с общим эмиттером) от напряжения или тока коллектора. Так же как и другие статические характеристики, они могут составлять семейства характеристик.

Статические характеристики находят применение при расчете схем, работающих на больших сигналах, например оконечного каскада усиления НЧ, причем достаточно располагать семействами выходных и входных статических характеристик транзистора для соответствующей схемы его включения.

Применимость транзисторов различных типов и групп

В различных каскадах радиоприемников и усилителей рекомендуется применять транзисторы следующих типов и групп:

Название каскада	Рекомендуемый транзистор
Усилитель ПЧ, преобразователь частоты	П1Ж, П1И, П6Г, П10, П11, П12, П14, П15, П401, П402, П403, П403А, П406, П407.
Первый каскад усиления НЧ	П5Г, П5Д, П6Д, П9А, П13Б
Маломощные каскады предварительного и оконечного усиления НЧ	П1А, П1Б, П1В, П1Г, П1Е, П6А, П6Б, П6В, П5А, П5Б, П5В, П9, П13, П13А, П101, П102
Оконечный двухтактный каскад усиления НЧ с выходной мощностью до 0,2 *вт*	П2А, П2Б, П13А, П14
Оконечный каскад усиления НЧ с выходной мощностью 1—10 *вт*	П3А, П3Б, П3В, П4А, П4Б, П4В, П4Г, П4Д, П201, П201А, П202, П203

11-4. МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

При перевозке, монтаже и эксплуатации полупроводниковые приборы следует предохранять от механических повреждений. Особенно нужно оберегать селеновые выпрямительные столбы открытой конструкции (на стяжных шпильках). Искривление селеновых элементов (шайб), царапины на их поверхности со стороны нанесенного слоя селена, повреждение окраски и другие подобные дефекты могут существенно ухудшить электрические параметры столба или привести его в негодность.

Правила монтажа полупроводниковых приборов

1. Во избежание недопустимого перегрева не следует располагать полупроводниковые приборы всех видов вблизи силовых трансформаторов, электронных ламп и других излучающих тепло деталей аппаратуры. Монтировать полупроводниковые приборы следует в таких местах, где обеспечивается беспрепятственное поступление к ним внешнего холодного воздуха.

Чтобы селеновые выпрямительные столбы на стяжных шпильках могли во время работы нормально охлаждаться, шпильки их должны располагаться при монтаже в горизонтальном положении.

2. Для обеспечения хорошего отвода тепла на шасси от пакетных селеновых выпрямительных столбов АВС-80-260, АВС-120-270 и мощных транзисторов П4А—П4Д, П201—П203 и аналогичной конструкции эти полупроводниковые приборы должны быть плотно привинчены к шасси, так чтобы всей своей опорной поверхностью плотно к нему прилегали. Место установки указанных транзисторов на шасси должно быть хорошо отшлифовано.

При наличии зазоров между фланцами указанных транзисторов или пакетных селеновых выпрямителей выделяемое ими тепло будет плохо передаваться на шасси, они перегреются и могут быстро придти в негодность.

Если коллектор транзистора П4А—П4Д, П201—П203 не должен по схеме иметь электрического соединения с шасси, между ним и фланцем транзистора нужно проложить тонкую слюдяную пластинку. При этом крепежные болтики (винты) и гайки также должны быть изолированы от шасси с помощью изоляционных втулок и шайб.

3. Чтобы диоды Д202—Д205 и Д302—Д305 в выпрямителе хорошо охлаждались, его шасси должно иметь такие размеры, чтобы на каждый диод приходилась площадь не менее 40 *см*^{2}, а расстояние между диодами было не менее 60 *мм*. Диоды должны быть плотно привинчены к шасси с помощью гаек, навинчиваемых на их стержни с резьбой, и при этом изолированы от шасси слюдяными прокладками и пластмассовыми втулками.

4. Проволочные выводы германиевых и кремниевых диодов, селеновых столбов из таблет и транзисторов можно изгибать на расстоянии не ближе 5 *мм* от корпуса (от вершины стеклянного изолятора). Контактные лепестки диодов Д202—Д205 и Д302—Д305 изгибать нельзя, так как это приводит к растрескиванию изоляторов и потере герметичности этих диодов.

5. При монтажной пайке выводов полупроводниковых приборов необходимо принимать меры к тому, чтобы не перегреть прибор за счет

тепла, распространяющегося от паяльника по проводнику, и этим не испортить прибор. С этой целью необходимо:

а) пайку выводов производить на расстоянии не ближе 10 *мм* от корпуса полупроводникового прибора (от вершины изолятора); процесс пайки должен быть по возможности кратковременным (несколько секунд);

б) припаиваемый вывод перед пайкой плотно зажать плоскогубцами между корпусом прибора и местом пайки; при этом большая часть тепла, распространяющегося по проводнику от паяльника, будет поглощена плоскогубцами (они играют роль теплоотвода);

в) следить за тем, чтобы паяльник даже на короткое время не прикасался к корпусу малогабаритного полупроводникового диода, транзистора или к элементам (шайбам) селенового выпрямительного столба открытой конструкции, чтобы на них не попадали капли припоя.

6. Не рекомендуется укреплять транзисторы (кроме П1 и П2) за выводы; желательно крепить их за корпус.

7. Не допускать проникновения между элементами (шайбами) селеновых столбов открытой конструкции пыли, металлической стружки (например, от просверливаемых в шасси отверстий), кусочков припоя и других металлических частиц и предметов.

8. Не производить разборку окрашенных селеновых столбов открытой конструкции (на шпильках). После вторичной сборки их электрические параметры могут ухудшиться.

9. Не собирать выпрямительную схему из селеновых столбов с элементами различных размеров или разных типов (ВС, АВС, ТВС).

Желательно использовать столбы выпуска одного месяца.

Эксплуатация полупроводниковых диодов и селеновых столбиков

1. Когда полупроводниковый диод или селеновый столбик работает в выпрямителе, амплитуда действующего на нем напряжения и получаемый выпрямленный ток не должны превышать предельно допустимых для него величин.

При работе в условиях повышенных температур они должны снижаться.

Срок службы диодов удлиняется, если их эксплуатировать при напряжениях и токах меньше предельно допустимых. Рекомендуется работать при обратных напряжениях диодов не свыше 80% предельно допустимых.

2. Не допускать короткого замыкания выхода выпрямителя на полупроводниковых диодах (нельзя, например, испытывать их «на искру»). Это может привести к повреждению диодов.

3. Нельзя включать на диоды напряжение в пропускном направлении, даже от одного гальванического или аккумуляторного элемента, без последовательно включенного ограничительного сопротивления. При таком включении диод может быть поврежден.

4. Точечные диоды в стеклянных неокрашенных корпусах (Д1, Д2) следует оберегать при работе от сильного света. В этих условиях возрастают их обратные токи.

Эксплуатация транзисторов

1. Напряжения и токи на электродах транзистора, а также мощность, рассеиваемая на его коллекторе, не должны превышать предельно допустимых величин, хотя бы и кратковременно. При этом транзисторы можно эксплуатировать только в таких режимах, когда в цепи каждого из элек-

тродов предельное значение имеет только одна из указанных величин. Так, например, нельзя работать при предельно допустимом напряжении коллектора и одновременно при предельно допустимой рассеиваемой им мощности.

2. С целью увеличения срока службы транзистора и увеличения надежности его работы рекомендуется эксплуатировать его при напряжении коллектора величиной не свыше 80% предельно допустимого.

3. При работе в условиях повышенных температур обязательно снижать рассеиваемую мощность и напряжение на коллекторе.

4. С целью снижения шумов, создаваемых усилителем НЧ, напряжение коллектора первого каскада следует выбирать порядка 1—1,5 *в* и ток коллектора 0,4—0,6 *ма*.

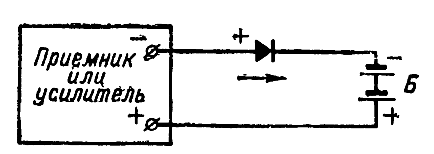


Рис. 11-14. Схема включения полупроводникового диода в качестве предохранителя транзисторов при присоединении источника питания с неправильной полярностью.

5. Прежде чем выключить или удалить транзистор из схемы, нужно выключить ее питание.

6. Не допускать неправильной полярности включения напряжений на транзистор (например, положительного полюса напряжения на коллектор транзистора типа *р-п-р* или отрицательного на коллектор транзистора типа *п-р-п*). Такое включение может привести транзистор в негодность. При установке транзистора в схему нужно твердо знать, какого он типа (*р-п-р* или *п-р-п*).

С целью предотвращения повреждений транзисторов приемника или усилителя вследствие неправильной полярности включения на него источника питания рекомендуется последовательно с батареей включать полупроводниковый диод в пропускном направлении (на рис. 11-14 стрелка показывает пропускное направление тока через диод).

РАЗДЕЛ ДВЕНАДЦАТЫЙ

РАДИОДЕТАЛИ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

12-1. КОНДЕНСАТОРЫ

Классификация и основные характеристики конденсаторов постоянной емкости

Конденсаторы постоянной емкости классифицируются по следующим основным признакам: а) роду применяемого в них диэлектрика; б) номинальному рабочему напряжению; в) номинальной емкости и г) наибольшему возможному отклонению действительной емкости от номинальной. Величину этого отклонения называют допуском по емкости.

Номинальное рабочее напряжение — это наибольшее напряжение между обкладками конденсатора, при котором он способен надежно и длительно работать. Для большинства типов конденсаторов регламентируется номинальное рабочее напряжение постоянного тока.

Допустимое напряжение переменного тока на конденсаторе всегда меньше номинального рабочего напряжения постоянного тока.

При работе конденсатора в цепи пульсирующего тока сумма напряжения постоянного тока и амплитудного значения напряжения переменного тока не должна превышать номинального рабочего напряжения.

Если конденсатор будет работать под напряжением выше номинального или при чрезмерно больших амплитудах переменного напряжения, он может быстро прийти в негодность.

Когда на конденсаторе не обозначено рабочее напряжение, значит, конденсаторы данного типа выпускаются только на одно рабочее напряжение. Его можно найти по табл. 12-1.

Таблица 12-1

Рабочие и испытательные напряжения конденсаторов

Тип конденсатора	Напряжение постоянного тока, *в*	
	Рабочее	Испытательное
Керамические		
КДК, КТК, КО, КДО, КДУ	500	1 500
КТК, КО, КДО	300	600
КДМ, КТМ	160	480
КДС	250	500
КПК	—	1 000
КПКТ	—	500
Стеклоэмалевые		
КС	500	1 000
	1 000	2 000
Слюдяные		
КСО	250	500
	500	1 000
	1 000	2 000
	1 500	3 000
Бумажные		
БМ	150	300
	200	400
	300	600
БГМ	400	800

Тип конденсатора	Напряжение постоянного тока, *в*	
	Рабочее	Испытательное
Бумажные		
КБГ-И, КБГ-М, КБГ-МП, КБГ-МН	200	600
	400	1 200
	600	1 800
	1 000	3 000
	1 500	3 000
Металлобумажные		
МБМ	160	240
	250	375
	500	750
	750	1 125
	1 000	1 500
	1 500	2 250
МБГП, МБГЦ	200	300
	400	600
	600	900
	1 000	1 500
	1 500	2 250
Пленочные		
ПМ	60	120
ПО	300	450
ПОВ	10 000	15 000

Примечание. Для металлобумажных конденсаторов МБГО и для электролитических всех типов испытательное напряжение равно рабочему.

Испытательное напряжение — напряжение, в определенное число раз большее номинального рабочего напряжения, которое подается на конденсатор на короткое время (обычно на несколько секунд), чтобы убедиться в том, что конденсатор будет надежно работать не только под номинальным рабочим напряжением, но и при возможных в эксплуатации кратковременных превышениях этого напряжения. Для большинства типов конденсаторов испытательное напряжение превышает номинальное рабочее в 1,5—3 раза (табл. 12-1); только на электролитические и некоторые типы металлобумажных конденсаторов нельзя подавать напряжение, превышающее рабочее.

Таблица 12-2

Стандартизованные номинальные емкости конденсаторов в пикофарадах (по ГОСТ 2519-49)

1	10	100	1 000
		110	1 100
	12	120	1 200
		130	1 300
1,5	15	150	1 500
	16	160	1 600
	18	180	1 800
2	20	200	2 000
	22	220	2 200
	24	240	2 400
	27	270	2 700
3	30	300	3 000
	33	330	3 300
	36	360	3 600
4	39	390	3 900
	43	430	4 300
	47	470	4 700
5	51	510	5 100
	56	560	5 600
6	62	620	6 200
7	68	680	6 800
	75	750	7 500
8	82	820	8 200
			9 100
9	91	910	10 000

Такому испытанию подвергаются все конденсаторы при выпуске их с завода-изготовителя. Перед монтажом конденсаторов в аппаратуру их подвергают иногда повторной проверке повышенным напряжением. Однако следует избегать производить такие испытания многократно — это может ухудшить качество конденсатора.

Пробивное напряжение — напряжение, при котором происходит разрушение диэлектрика конденсатора от действия электрического поля между его обкладками или возникает электрическая искра (дуга) между обкладками через закраины диэлектрика. Пробивные напряжения различных образцов конденсаторов одного и того же типа и номинального рабочего напряжения могут значительно отличаться друг от друга, однако пробивное напряжение исправного конденсатора всегда выше его номинального рабочего и испытательного напряжений.

Номинальная емкость и допуск по емкости. Номинальная емкость конденсатора (см. табл. 12-2 и 12-3) — это обозначенная на нем емкость. На конденсаторах, которые выпускаются с различными допусками по емкости, обозначается также предельно возможное отклонение от номинальной емкости в процентах. На электролитических, сегнетокерамических и на конденсаторах некоторых других типов, изготовляемых только с определенными одними предельными отклонениями от номинальной емкости, допуск не обозначается.

Фактическое отличие емкости конденсаторов от номинального значения в большинстве случаев меньше обозначенного на них предельного допуска.

Соседние номиналы емкостей конденсаторов в пределах до 10 000 *пф* (табл. 12-2) отличаются друг от друга так, что наибольшая фактически возможная емкость конденсатора того или иного номинала совпадает с наименьшей фактической емкостью следующего большего номинала (или несколько больше его), если оба конденсатора изготовлены с предельным допуском ±5%.

Конденсаторы широкого применения с емкостями, не указанными в табл. 12-2 и 12-3, не изготовляются.

Таблица 12-3

Стандартизованные номинальные емкости конденсаторов в микрофарадах (по ГОСТ 2519-49)

0,01	0,1	1	10	100	1 000
0,012					
0,015	0,15		15	150	
0,02	0,2	2	20	200	2 000
0,025	0,25		25		
0,03	0,3	3	30		
0,04		4	40		
0,05	0,5	5	50	500	
		6			
0,07		8	80	800	

Примечание. Конденсаторы с емкостями больше 30 *мкф* бывают только электролитические.

Керамические конденсаторы (рис. 12-1, *а* — *и* и табл. 12-4)

Конденсаторы КТК (Конденсатор Трубчатый Керамический), **КТМ** (Керамический Трубчатый Малогабаритный), **КТН** (Керамический Трубчатый повышенной Надежности) представляют собой тонкостенную керамическую трубку, на внешнюю и внутреннюю поверхности которой нанесены тонкие слои серебра. Они не имеют электрического соединения между собой и образуют обкладки конденсатора. Трубка окрашена цвет-

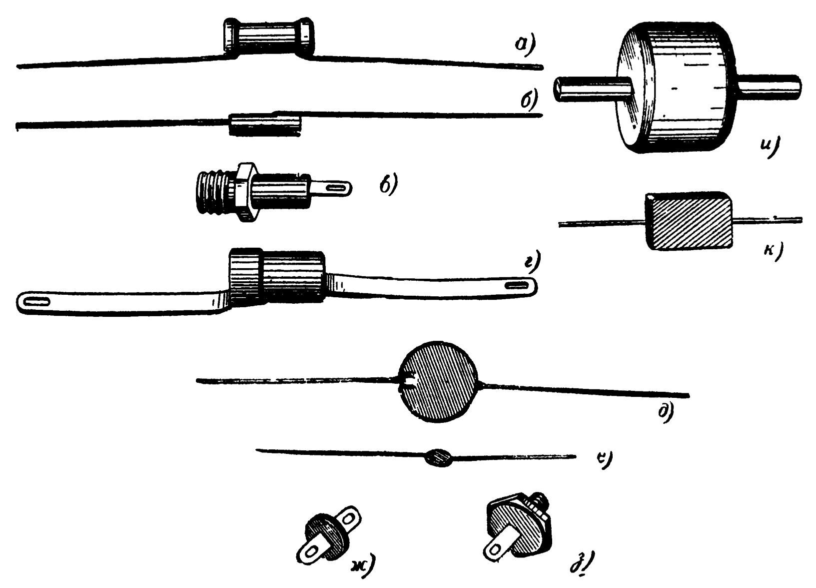


Рис. 12-1. Керамические и стеклоэмалевый конденсаторы.
а — КТК; *б* — КТМ; *в* — КО; *г* — КТН; *д* — КДК, КДС; *е* — КДМ; *ж* — КДУ; *з* — КДО; *и* — КОБ; *к* — КС.

ной эмалью. Выводы от обкладок конденсаторов КТК и КТМ выполнены в виде припаянных к обкладкам кусков медной посеребренной проволоки, а КТН — из металлических посеребренных лент с отверстиями на концах (контактные лепестки).

Если одну из обкладок трубчатого конденсатора нужно заземлить, то к корпусу (шасси) радиоустройства присоединяется внешняя обкладка конденсатора. Около вывода внешней обкладки конденсатора КТК нанесена черная черта.

Конденсатор КО (Керамический трубчатый Опорный). Внешняя его обкладка соединена с болтом, который служит одновременно для укрепления конденсатора на шасси (панели) и для заземления этой обкладки. Внутренняя обкладка имеет вывод в виде лепестка. Опорный конденсатор применяют только в случаях, когда одна из его обкладок должна быть соединена с шасси радиоустройства (заземлена).

Таблица 12-4

Основные данные керамических конденсаторов

Тип	Рабочее напряжение, *в*	Номинальные емкости, *пф*	Допуск по емкости, %	Размер корпуса [1] наибольший, *мм*
КТК-1	500	2—180	± 2; ± 5; ± 10; ± 20	6 × 13
КТК-1 [2]	500	180—240	± 10; ± 20	6 × 13
КТК-1 [3]	300	3 300	+ 50 — 20	6 × 13
КТК-2	500	10—360	± 2; ± 5; ± 10; ± 20	6 × 22
КТК-2 [2]	500	270—680	± 10; ± 20	6 × 22
КТК-2 [3]	300	6 800	+ 50 — 20	6 × 22
КТК-3	500	24—560	± 2; ± 5; ± 10; ± 20	6 × 32
КТК-3 [2]	500	750—1 000	± 10; ± 20	6 × 32
КТК-3 [3]	300	10 000	+ 50 — 20	6 × 32
КТК-4	500	43—750	± 2; ± 5; ± 10; ± 20	6 × 42
КТК-4 [2]	500	1 100—1 600	± 10; ± 20	6 × 42
КТК-4 [3]	300	15 000	+ 50 — 20	6 × 42
КТК-5	500	62—1 000	± 2; ± 5; ± 10; ± 20	6 × 52
КТК-5 [2]	500	1 100—2 200	± 10; ± 20	6 × 52
КТК-5 [3]	300	20 000	+ 50 — 20	6 × 52
КТМ	160	1—300	± 10; ± 20	3,5 × 10
КТМ [3]	160	510—4 300	+ 100 — 20	3,5 × 10
КО-1	500	20—180	± 10; ± 20	7 × 18
КО-1 [3]	400	1 000—2 400	+ 100 — 20	7 × 18
КО-2	500	200—360	± 10; ± 20	8 × 21
КО-2 [3]	400	2 700—5 100	+ 100 — 20	8 × 21

Продолжение табл. 12-4

Тип	Рабочее напряжение, *в*	Номинальные емкости, *пф*	Допуск по емкости, %	Размер корпуса[1] наибольший, *мм*
КДК-1	500	1—30	± 5; ± 10; ± 20	9 × 4
КДК-1[2]	500	15—36	± 10; ± 20	9 × 4
КДК-1[3]	300	1 000	+ 50 — 20	6 × 5
КДК-2	500	3—130	± 2; ± 5; ± 10; ± 20	18 × 4
КДК-2[2]	500	39—100	± 10; ± 20	18 × 4
КДК-2[3]	300	3 000	+ 50 — 20	10 × 5
КДК-3	500	1—75	± 5; ± 10; ± 20	11 × 5
КДК-3[2]	500	110—240	± 2; ± 5; ± 10; ± 20	11 × 5
КДК-3[3]	300	6 800	+ 50 — 20	14 × 5
КДМ	150	1—100	± 10; ± 20	5,5 × 2
КДМ[3]	150	510—1 500	+ 100 — 20	5,5 × 2
КДС-1[3]	250	1 000	+ 100 — 40	4,2 × 2,5
КДС-2[3]	250	3 000	+ 100 — 40	9,2 × 3,5
КДС-3[3]	250	6 800	+ 100 — 40	12,2 × 3,5
КДО-1	500	3—68	± 10; ± 20	11 × 13
КДО-1[3]	400	470—1 000	+ 100 — 20	11 × 13
КДО-2	500	6—91	± 10; ± 20	13 × 13
КДО-2[3]	400	1 100—1 500	+ 100 — 20	13 × 13
КОБ-1	12 000	500	—	21 × 18
КОБ-2	20 000	500	—	33 × 27
КОБ-3	30 000	2 500	—	62 × 40

[1] Первое число является диаметром корпуса конденсатора, а второе — его длиной, высотой (конденсатор цилиндрической формы) или толщиной (конденсатор в форме диска); все размеры указаны без учета длин выводов.

[2] Конденсаторы, окрашенные в зеленый цвет.

[3] Конденсаторы, окрашенные в оранжевый, желтый цвет или в красный цвет с синей отметкой.

Конденсаторы КДК (Конденсатор Дисковый Керамический), **КДС** (Конденсатор Дисковый Сегнетокерамический), **КДМ** (Керамический Дисковый Малогабаритный), **КДУ** (Керамический Дисковый для УКВ аппаратуры) представляют собой тонкую круглую керамическую пластинку, на плоские поверхности которой нанесены обкладки в виде слоев серебра. Конденсаторы окрашены цветной эмалью. Выводы конденсаторов КДК, КДС и КДМ — проволочки, припаянные к обкладкам, а выводы КДУ сделаны в виде коротких и широких лепестков.

Конденсатор КДО (Керамический Дисковый Опорный). Одна из его обкладок припаяна к головке болта, который служит как для крепления конденсатора на шасси, так и для электрического соединения этой обкладки с последним. Вторая обкладка конденсатора КДО имеет вывод в виде лепестка. Назначение этого конденсатора такое же, как и конденсатора КО.

Конденсатор КОБ (Керамический Опрессованный пластмассой Боченочный). Основой этого конденсатора является керамический цилиндр. Обкладки нанесены на основания этого цилиндра. Выводы в виде коротких металлических стержней припаяны в центрах обкладок (расположены по оси цилиндра). Цилиндр опрессован светлой пластмассой.

Что означает окраска керамических конденсаторов? Описанные выше керамические конденсаторы постоянной емкости различных типов выпускаются окрашенными в различные цвета. По цвету конденсатора можно судить об устойчивости его емкости к изменениям окружающей температуры и определить, пользуясь приведенной ниже табл. 12-12, возможность применения его в той или иной цепи радиоприемника.

Керамические конденсаторы, окрашенные серой эмалью (или имеющие на корпусе маркировку буквой Р), называются термостабильными, так как при изменениях температуры емкость их изменяется незначительно. Емкость конденсаторов, окрашенных в синий цвет (или с маркировкой буквой С), при повышении температуры увеличивается больше.

Емкость конденсаторов, окрашенных в голубой, красный или зеленый цвет (соответственно с маркировкой буквами М, Д, К) при повышении температуры, наоборот, уменьшается. При этом из их числа меньше всего влияет температура на емкость конденсаторов голубого цвета и больше всего — на емкость конденсаторов зеленого цвета. Эти конденсаторы называются термокомпенсирующими. Они позволяют значительно улучшить работу контуров радиоприемников при изменении окружающей температуры.

Конденсаторы, окрашенные в оранжевый, желтый или красный цвет с синей отметкой, сделаны из так называемой сегнетокерамики. Они очень сильно изменяют емкость при изменении температуры. Преимущество их в том, что при тех же габаритах, что и конденсаторы других окрасок, они обладают бóльшими емкостями.

Стеклоэмалевые конденсаторы (рис. 12-1,*к* и табл. 12-5)

Стеклоэмалями называют полупрозрачные неорганические стекла, обладающие относительно низкими температурами плавления.

Стеклоэмалевый конденсатор КС представляет собой параллелепипед, образованный из слоев стеклоэмали, чередующихся с обкладками в виде тонких слоев серебра. Все эти слои спечены между собой в условиях вы-

сокой температуры. Четные и нечетные обкладки соединены порознь в параллель на противоположных торцах конденсатора. Конденсаторы КС выпускаются с проволочными выводами или без них. Конденсаторы последнего конструктивного варианта предназначаются для использования в печатных схемах и малогабаритной аппаратуре. При этом внешние проводники припаиваются непосредственно к металлизированным торцам конденсаторов.

Емкость стеклоэмалевых конденсаторов, маркированных буквой О, при изменениях температуры изменяется незначительно; емкость конденсаторов, маркированных буквой Р, при повышении температуры увеличивается, а емкость конденсаторов, маркированных буквами М и П, при повышении температуры уменьшается; при этом больше всего влияет температура на емкость конденсаторов с буквой П.

Таблица 12-5

Основные данные стеклоэмалевых конденсаторов

Тип	Рабочее напряжение, *в*	Номинальные емкости, *пф* [1]	Длина, ширина и толщина корпуса наибольшие, [2] *мм*
КС-1 КС-1	500 1 000	10—300 10—56	15 × 8 × 6
КС-2	500	180—750	19 × 12 × 6
КС-3 КС-3	500 1 000	470—1 000 56—430	20 × 15 × 6

[1] Конденсаторы КС выпускаются с допуском по емкости ± 2; ± 5; ± 10 или ± 20%.
[2] Длина указана без проволочных выводов.

Слюдяные конденсаторы (рис. 12-2 и табл. 12-6)

Конденсаторы КСО (Конденсаторы Слюдяные Опрессованные в пластмассу) по устройству обкладок разделяются на два вида: 1) с обкладками из фольги и 2) с обкладками из серебра, нанесенного непосредственно на поверхность слюды. Конденсаторы второй конструкции имеют на корпусах букву Б, В или Г. Из числа конденсаторов с серебряными обкладками наименее подвержена изменениям при колебаниях температуры емкость конденсаторов группы Г. Емкость конденсаторов КСО с фольговыми обкладками (они не имеют на корпусах буквенной маркировки) наименее стабильна как при изменениях температуры, так и во времени. Наи-

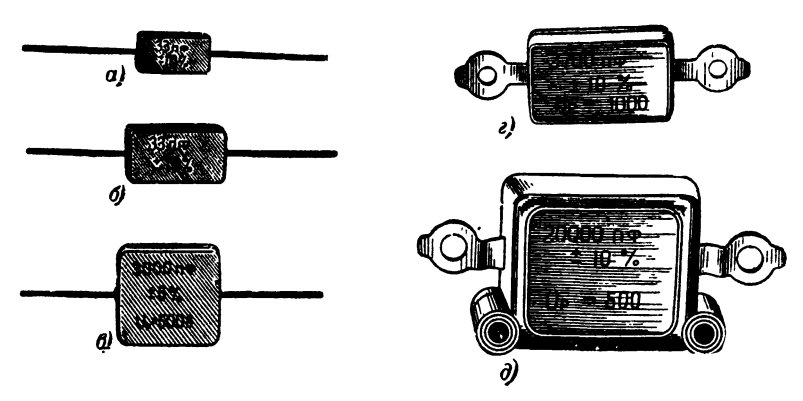


Рис. 12-2. Слюдяные конденсаторы.
а — КСО-1; *б* — КСО-2; *в* — КСО-5; *г* — КСО-6; *д* — КСО-7, КСО-8.

меньшие размеры имеют конденсаторы КСО-1, КСО-2 и КСО-5; они имеют проволочные выводы. Конденсаторы КСО-6, КСО-7 и КСО-8 имеют выводы в виде металлических ленточек с отверстиями на концах; при этом в корпусах конденсаторов КСО-7 и КСО-8 сделаны отверстия для крепления.

Таблица 12-6

Основные данные слюдяных конденсаторов

<table>
<tr><th>Тип</th><th>Рабочее напряжение, в</th><th>Номинальные емкости, пф [1]</th><th>Длина, ширина и толщина корпуса [2] наибольшие, мм</th></tr>
<tr><td>КСО-1</td><td>250</td><td>51— 750</td><td>14 × 8 × 51</td></tr>
<tr><td>КСО-2</td><td>500</td><td>100— 2 400</td><td>19 × 12 × 6,3</td></tr>
<tr><td>КСО-5</td><td>250</td><td>7 500—10 000</td><td rowspan="2">21 × 21 × 10</td></tr>
<tr><td>КСО-5</td><td>500</td><td>470—10 000</td></tr>
<tr><td>КСО-6</td><td>1 000</td><td>1 200— 2 700</td><td>28 × 17 × 10</td></tr>
<tr><td>КСО-7</td><td>1 000</td><td>2 400— 3 300</td><td rowspan="2">33 × 29,5 × 10</td></tr>
<tr><td>КСО-7</td><td>1 500</td><td>1 100— 2 200</td></tr>
<tr><td>КСО-8</td><td>250</td><td>10 000—30 000</td><td rowspan="4">33 × 29,5 × 12</td></tr>
<tr><td>КСО-8</td><td>500</td><td>12 000—30 000</td></tr>
<tr><td>КСО-8</td><td>1 000</td><td>7 500—10 000</td></tr>
<tr><td>КСО-8</td><td>1 500</td><td>4 700— 6 800</td></tr>
</table>

[1] Конденсаторы КСО выпускаются с допуском по емкости ± 2; ± 5; ± 10 или ± 20%.
[2] Длина конденсаторов указана без выводов.

На конденсаторы КСО можно подавать напряжения переменного тока не свыше следующих эффективных величин:

Номинальное рабочее напряжение постоянного тока, *в*	Предельно допустимое напряжение в цепи переменного тока с частотой 50 *гц*, *в*	Предельно допустимое напряжение переменного тока в цепи усилителя низкой частоты (до 10 000 *гц*), *в*
250	85	50
500	175	100
1 000	200	150
1 500	300	225

Бумажные конденсаторы (рис. 12-3 и табл. 12-7)

Обкладками бумажного конденсатора являются ленты из фольги (обычно алюминиевой) толщиной 7—8 *мк*, а диэлектриком — находящиеся между ними ленты из специальной конденсаторной бумаги толщиной 4—15 *мк*, пропитанной хорошо очищенным вазелином (иногда с примесью

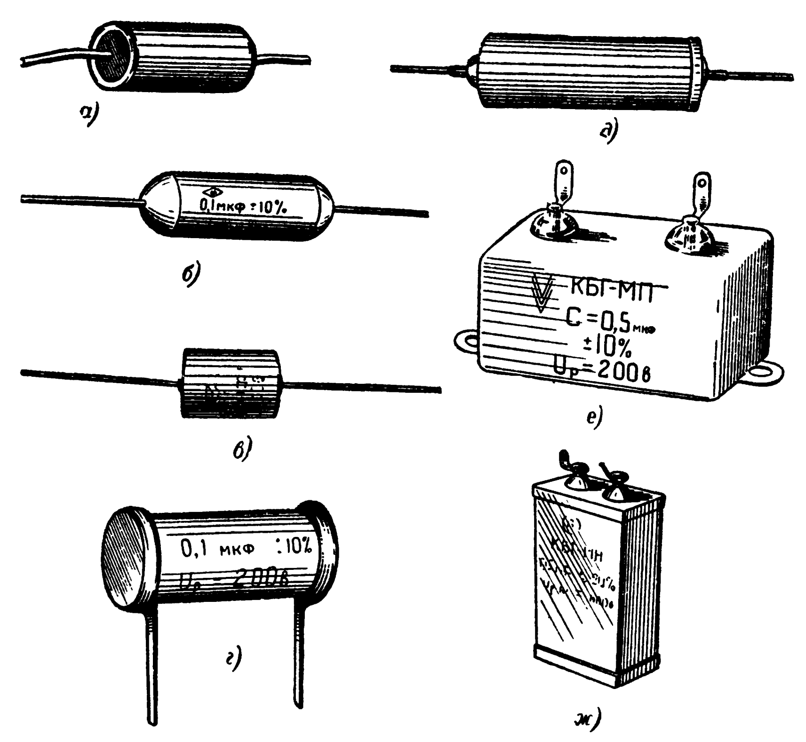


Рис. 12-3. Бумажные конденсаторы

а — КБ; *б* — БМ; *в* — БГМ; *г* — КБГ-И; *д* — КБГ-М; *е* — КБГ-МП; *ж* — КБГ-МН.

Таблица 12-7

Основные данные бумажных конденсаторов

Тип	Рабочее напряжение, *в*	Номинальные емкости [1]	Размер корпуса [2] наибольший, *мм*
КБ	200 400 600	0,01 — 0,5 *мкф* 4700 *пф*—0,3 *мкф* 4700 *пф*—0,2 *мкф*	От 14 × 37 до 32 × 57
БМ	150 200 300	0,04 и 0,05 *мкф* 3300 *пф*–0,03 *мкф* 510 — 2 200 *пф*	От 5 × 11 до 7,5 × 14,5
БГМ	400	920 — 0,01 *мкф* 0,033 — 0,05 *мкф*	6 × 18 11 × 18
КБГ-М	200 400 600	0,04 — 0,25 *мкф* 0,07 — 0,25 *мкф* 0,01 — 0,15 *мкф*	От 10 × 38 до 17 × 50
КБГ-И	200 400 600	680 *пф*–4 700 *пф* 0,02 — 0,1 *мкф* 470 — 1 500 *пф* 0,015 — 0,05 *мкф* 470 — 6 800 *пф* 0,01 — 0,03 *мкф*	От 7 × 15 до 16 × 26
КБГ-МП	200 400 600 1 000 1 500	0,5 — 2 *мкф* 0,25 *мкф* 0,25 — 1 *мкф* 0,01 — 0,5 *мкф* 0,01 — 0,25 *мкф*	От 46 × 26 × 18 до 51 × 51 × 25
КБГ-МН	200 400 600 1 000 1 500	1 — 10 *мкф* 1 — 8 *мкф* 0,5 — 6 *мкф* 0,25 — 4 *мкф* 0,25 — 2 *мкф*	От 38 × 23 × 60 до 68 × 63 × 110

[1] Конденсаторы типа КБ и БМ изготовляются с допуском по емкости ±10 или ± 20%, а конденсаторы всех остальных типов, указанных в таблице, — с допуском по емкости ±5; ±10 или ±20%.

[2] Когда в этой графе стоят два числа, первое является диаметром корпуса конденсатора, а второе — его длиной конденсатор в цилиндрическом корпусе); когда же в этой графе стоят три числа, первое является длиной, второе — шириной, а третье — высотой корпуса (конденсатор в корпусе прямоугольной формы). Все размеры даны без учета выступающих выводных изоляторов, проволочных выводов или лапок для крепления, если они имеются у конденсатора.

церезина). Чем выше рабочее напряжение конденсатора, тем больше толщина примененной в нем бумаги и тем большее число ее слоев между фольговыми обкладками. Фольговые и бумажные ленты свернуты в рулон, называемый конденсаторной секцией.

Конденсатор КБ (Конденсатор Бумажный) представляетсобой картонный пропитанный церезином цилиндр, внутри которого находится конденсаторная секция. Выводы от обкладок проволочные, выходят из торцов цилиндрического корпуса конденсатора.

Конденсатор БМ (Бумажный Малогабаритный) имеет корпус в виде цилиндрической металлической трубки, внутри которой находится секция. Торцы трубки залиты эпоксидным компаундом, сквозь который выходят наружу проволочные выводы от обкладок. У конденсаторов БМ-2 выводы припаяны к обкладкам, а у конденсаторов БМ-1 контакт между выводами и обкладками осуществлен без пайки.

Конденсаторы БГМ (Бумажный Герметический Малогабаритный) **и КБГ-М** (Конденсатор Бумажный Герметический в Металлическом корпусе) также имеют цилиндрические металлические корпусы и выпускаются двух видов: если одна из обкладок конденсатора соединена с корпусом, а другая имеет изолированный от корпуса проволочный вывод — конденсатор носит название БГМ-1 или КБГ-М1; если же обе обкладки имеют изолированные проволочные выводы, конденсатор называется БГМ-2 или КБГ-М2 соответственно. Изолированные выводы во всех случаях выходят из корпуса через стеклянные или керамические изоляторы, впаянные в торцы корпуса.

Конденсатор КБГ-И (Конденсатор Бумажный Герметический в корпусе из Изоляционного материала) имеет одну секцию, заключенную в цилиндрический корпус из белой глазурованной керамики. На концы корпуса напаяны металлические колпачки с ленточными «хвостами», служащими для включения (припайки) конденсатора в схему.

Таблица 12-8

Допустимые переменные напряжения для бумажных конденсаторов

Номинальное рабочее напряжение постоянного тока, *в*	Наибольшее допустимое эффективное напряжение переменного тока, *в*					
	для БМ всех емкостей		для КБГ-И, КБГ-М, КБГ-МП и КБГ-МН с $C \leq 2$ *мкф*		для КБГ-МН с $C \geq 4$ *мкф*	
	при $f = 50$ *гц*	при $f = 500$ *гц*	при $f = 50$ *гц*	при $f = 500$ *гц*	при $f = 50$ *гц*	при $f = 500$ *гц*
150	100	60	—	—	—	—
200	150	75	160	100	130	50
300	230	120	—	—	—	—
400	200	100	250	125	200	75
600	—	—	300	150	250	100
1 000	—	—	400	200	350	150
1 500	—	—	500	250	—	—

Конденсаторы КБГ-МП (Конденсатор Бумажный Герметический в Металлическом Плоском корпусе) и **КБГ-МН** (то же в Металлическом «Нормальном» корпусе) малых емкостей имеют по одной секции, а больших емкостей — по нескольку соединенных в параллель секций. Выводы от обкладок проходят через стеклянные изоляторы, на которых расположены контактные лепестки, служащие для включения в схему с помощью пайки.

Металлобумажные конденсаторы (рис. 12-4 и табл. 12-9)

Диэлектриком в металлобумажных конденсаторах являются ленты из конденсаторной бумаги толщиной 5—15 *мк*, покрытой слоем эцетилцеллюлозного лака, а обкладками — слои металла (олова и цинка или алюминия) толщиной порядка сотых долей микрона, нанесенные на одну

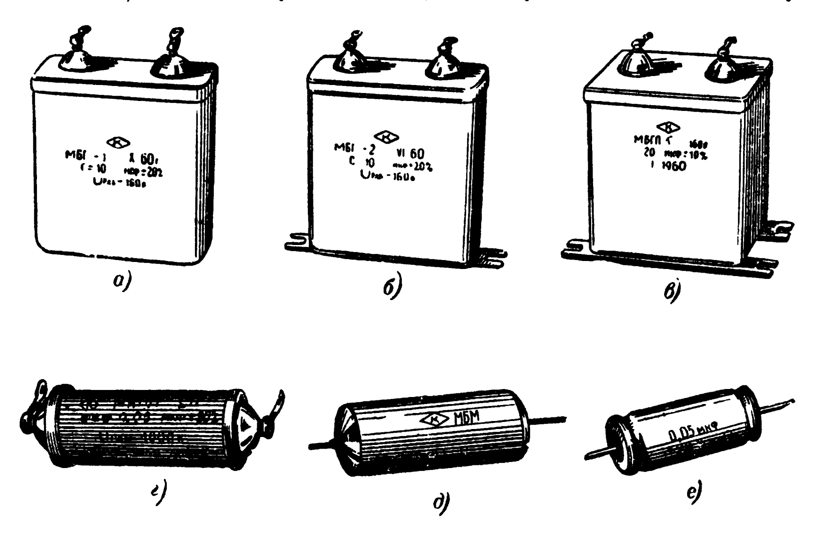


Рис. 12-4. Металлобумажные конденсаторы.
а — МБГП-1, МБГО-1; *б* — МБГП-2, МБГО-2; *в* — МБГП-3; *г* — МБГЦ-2; *д* — МБМ на рабочее напряжение 160 *в*; *е* — МБМ на рабочее напряжение 250 *в* и выше.

сторону бумаги поверх слоя лака. В конденсаторах на рабочие напряжения от 400 *в* и выше (кроме конденсаторов МБГО), между металлизированными лентами имеются дополнительные неметаллизированные ленты из конденсаторной бумаги. Металлизированные и неметаллизированные бумажные ленты свернуты в рулон (секцию). Секции пропитаны церезином.

Преимущества металлобумажных конденсаторов. Вследствие малых толщин обкладок по сравнению с фольговыми металлобумажные конденсаторы имеют значительно меньшие объемы и вес, чем бумажные конденсаторы таких же емкостей и рабочих напряжений. Они самовосстанавливаются в случае возникновения электрического пробоя диэлектрика.

Объясняется это тем, что через место пробоя возникает сильный разрядный электрический ток,.который мгновенно расплавляет металлизацию вокруг места пробоя на 1—2 *мм*. В результате вокруг места пробоя на конденсаторной бумаге не остается сплошного металлического слоя, он оказывается изолированным от обкладок и разряд прекращается.

Конденсатор МБМ (Металло-Бумажный Малогабаритный) на рабочее напряжение 160 *в* представляет собой металлическую трубку, внутри которой находится цилиндрическая секция; торцы трубки залиты эпоксидным компаундом, сквозь который выходят наружу проволочные выводы от обкладок. У конденсаторов МБМ на бо́льшие рабочие напряжения проволочные выводы выходят через торцовые резиновые изоляторы.

Таблица 12-9

Основные данные металлобумажных конденсаторов

Тип	Рабочее напряжение, *в*	Номинальные емкости, *мкф* [1]	Размер корпуса [2] наибольший, *мм*
МБМ	160	0,05 —1	От 6 × 17 до 20 × 51
	250	0,05 —1	
	500	0,025—0,5	
	750	0,01 —0,25	
	1 000	0,01 —0,1	
	1 500	5 100 *пф* —0,1	
МБГЦ	200	0,25 —1	От 11 × 37 до 18,5 × 51
	400	0,1 —0,5	
	600	0,025—0,25	
МБГП	160[3]	1—30	От 32 × 12 × 26 до 72 × 110 × 118
	200	0,5—25	
	250[3]	1—10	
	400	0,25—10	
	600	0,1 —10	
	1 000	0,5 —10	
	1 500	0,25—10	
МБГО	160	2—30	От 32 × 12 × 26 до 47 × 77 × 51
	300	1—30	
	400	1—20	
	500	0,5—20	
	600	0,25—10	

[1] Конденсаторы типов МБМ и МБГО изготовляются с допуском по емкости ±10 или ±20%, а конденсаторы типов МБГЦ и МБГП — с допуском по емкости ±5; ±10 и ±20%.

[2] Для конденсаторов типов МБМ и МБГЦ указан диаметр корпуса (первое число) и его длина (второе число), а для конденсаторов типа МБГП и МБГО — последовательно длина, ширина и высота. Все размеры даны без учета высоты выводных изоляторов и лапок для крепления, если они имеются у конденсатора.

[3] Конденсаторы типа МБГП на рабочие напряжения 160 и 250 *в* ранее выпускались под названием КМБГ.

Конденсаторы МБГЦ (Металло-Бумажный Герметический Цилиндрический) также имеют цилиндрические металлические корпусы и выпускаются двух видов; если одна из обкладок конденсатора соединена с корпусом, а вывод другой изолирован от корпуса, конденсатор носит название МБГЦ-1; если же обе обкладки изолированы от корпуса, конденсатор называется МБГЦ-2. Изолированные выводы от обкладок во всех случаях выходят из корпуса через стеклянные изоляторы, впаянные в торцы корпуса. На изоляторах имеются контактные лепестки для включения конденсатора в схему с помощью пайки.

Конденсаторы МБГП (Металло-Бумажный Герметический в Прямоугольном корпусе) и **МБГО** (Металло-Бумажный Герметический с Однослойным диэлектриком) малых емкостей имеют по одной секции, а больших емкостей — по нескольку соединенных в параллель секций, заключенных в металлический корпус прямоугольного сечения. Выводы от обкладок проходят через стеклянные изоляторы, расположенные на верхней крышке корпуса. На стеклянных изоляторах имеются контактные лепестки для включения конденсатора в схему с помощью пайки.

Пленочные и металлопленочные конденсаторы (табл. 12-10)

Обкладками пленочного конденсатора являются ленты из алюминиевой фольги, а диэлектриком — находящиеся между ними ленты из полистирольной пленки — стирофлекса (применяют также пленку из фторопласта, лавсана). Чем выше рабочее напряжение конденсатора, тем больше толщина примененной в нем пленки и тем больше число ее слоев между фольговыми обкладками. Фольговые и стирофлексные ленты свертывают

Таблица 12-10

Основные данные пленочных конденсаторов

Тип	Рабочее напряжение, *в*	Номинальные емкости [1]	Диаметр и длина корпуса наибольшие, [2] *мм*
ПМ-1	60	100—510 *пф*	3,5 × 8
	60	750 и 1 000 *пф*	4 × 10
ПМ-2	60	100—510 *пф*	4 × 10
	60	750 и 1 000 *пф*	5 × 12
ПО	300	51 и 82 *пф*	12 × 31
	300	150—680 *пф*	12 × 31
	300	2 200 и 2 400 *пф*	14 × 33
	300	3 600 и 4 700 *пф*	17 × 33
	300	0,025 и 0,03 *мкф*	24 × 49
ПОВ	10 000	390 *пф*	20 × 40
	15 000	390 *пф*	25 × 40

[1] Конденсаторы типов ПМ-1 и ПМ-2 изготовляются с допуском по емкости ±10 или ±20%, а конденсаторы типов ПО и ПОВ — с допуском по емкости только ±20%.

[2] Длина конденсатора указана без учета проволочных выводов.

в рулон, называемый конденсаторной секцией. Секция подвергается воздействию температуры 220—300°С. При этом пленка дает «усадку», ее слои спекаются между собой, что обеспечивает плотное прилегание фольги к пленке.

В металлопленочных конденсаторах обкладки представляют собой тонкие металлические слои, нанесенные непосредственно на изоляционную пленку — диэлектрик.

Конденсаторы ПМ-1 (Пленочный Малогабаритный вида 1), **ПО** (Пленочный Открытый) и **ПОВ** (Пленочный Открытый Высоковольтный). У всех этих конденсаторов секции не имеют защитного кожуха. Проволочные выводы выходят непосредственно из торцов секций.

Конденсаторы ПМ-2 (Пленочный Малогабаритный вида 2) имеют корпусы в виде металлической трубки, внутри которой находится секция. Торцы трубки залиты эпоксидным компаундом, сквозь который выходят наружу проволочные выводы от обкладок. Общий вид конденсаторов ПМ-2 такой же, как и конденсаторов БМ (рис. 12-3,*б*).

Электролитические конденсаторы (рис. 12-5 и табл. 12-11)

Электролитический конденсатор состоит из двух полосок алюминиевой фольги, поверхность одной из которых оксидирована — покрыта тонким слоем окисла, а вторая — нет. Между алюминиевыми полосками проложена бумажная лента, пропитанная раствором, в который входит

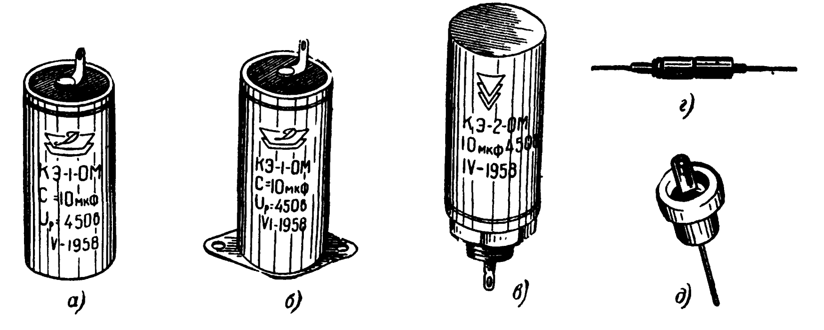


Рис. 12-5. Электролитические конденсаторы.
а, б — КЭ-1; *в* — КЭ-2; *г* — ЭМ; *д* — ЭТО-1.

борная кислота и невысыхающие жидкости (типа глицерина). Эта многослойная полоса скатана в рулон и помещена в алюминиевый корпус. Неоксидированная алюминиевая полоса соединена с корпусом, а оксидированная имеет изолированный от корпуса вывод.

Диэлектриком в электролитическом конденсаторе является тонкий слой окисла на поверхности алюминиевой ленты, одной из обкладок является сама эта лента, а второй — пропитанная электролитом бумага. С помощью неоксидированной ленты осуществляется электрический контакт корпуса с пропитанной бумагой.

Таблица 12-11

Основные данные электролитических конденсаторов

Тип	Рабочее напряжение, *в*	Номинальные емкости, *мкф* [1]	Размер корпуса [2] наибольший, *мм*
ЭМ	4	20—50	От 4,5 × 15 до 8,5 × 35
	6	5—40	
	10	3—30	
	15	2—25	
	20	1—15	
	30	1—10	
	60	0,5—10	
	100	0,5—5	
	150	1	
КЭ-1	8	50—2 000	От 16 × 28 до 65 × 114
	12; 20	10—2 000	
	30	10— 500	
	50	10— 100	
	150	10— 30	
	300	5— 30	
	450	5— 20	
КЭ-2	8	100—1 000	От 21 × 35 до 34 × 114
	12	50—1 000	
	20	30— 500	
	30	20— 500	
	50	10— 100	
	150	10— 30	
	300	5— 150	
	450	5— 80	

Продолжение табл. 12-11

Тип	Рабочее напряжение, *в*	Номинальные емкости, *мкф* [1]	Размер корпуса [2] наибольший, *мм*
КЭГ-1	8	50— 500	От 46 × 26 × 18 до 51 × 51 × 26
	12	30— 200	
	20	20— 200	
	30	15— 100	
	50	5—100	
	150	5— 50	
	300	2— 30	
	450	2— 20	
КЭГ-2	12	200—5 000	От 33 × 23 × 45 до 180 × 90 × 110
	20	100—5 000	
	30	100—1 000	
	50	50— 200	
	150; 300	10— 50	
	450	5— 20	
ЭТО-1	6	80	14 × 10
	15	50	
	25	30	
	50	20	
	70	15	
	90	10	
ЭТО-2	6	1 000	24 × 14
	15	400	
	25	300	
	50	200	
	70	150	
	90	100	

[1] Фактическая емкость конденсаторов типа ЭМ может превышать номинальную до 2 раз. Электролитические конденсаторы остальных типов изготовляются с допуском по емкости от +50 до −20%.

[2] Для конденсаторов цилиндрической формы указан диаметр корпуса (первое число) и его высота или длина (второе число), а для остальных конденсаторов — последовательно длина, ширина и высота. Все размеры даны без учета длины проволочных выводов, высоты выводных лепестков и изоляторов, размеров втулок, фланцев и лапок для крепления, если они имеются у конденсатора.

К изолированному от корпуса контактному лепестку (к оксидированной ленте) всегда присоединяется положительный полюс напряжения, а к корпусу конденсатора — отрицательный. Обратное направление включения недопустимо, так как при нем разрушается оксидный слой и конденсатор выходит из строя.

Преимуществом электролитических конденсаторов перед конденсаторами всех других типов является то, что электролитические конденсаторы обладают при малых размерах большими емкостями.

Электролитические конденсаторы КЭ-1 и КЭ-2 имеют корпуса в виде алюминиевых цилиндров с крышками из изоляционного материала. Выводной лепесток, на который включается положительный полюс напряжения, расположен на крышке. Минус включается на корпус конденсатора. К днищам корпусов некоторых конденсаторов КЭ-1 приварены овальные или прямоугольные фланцы для крепления их на шасси. Конденсаторы КЭ-2 снабжены пластмассовыми втулками с резьбой и гайками для их крепления.

Конденсаторы КЭГ-1 и КЭГ-2 (Конденсаторы Электролитические Герметизированные) имеют герметически запаянные прямоугольные корпусы; некоторые из них имеют лапки для крепления. Вывод положительного полюса выведен к контактному лепестку, укрепленному на стеклянном изоляторе. Общий вид их такой же, как бумажных конденсаторов КБГ-МП и КБГ-МН (рис. 12-3,*е* и *ж*).

Конденсаторы ЭМ (Электролитические Малогабаритные), разработанные специально для применения в аппаратуре с полупроводниковыми приборами, выполнены в виде маленьких алюминиевых гильз; их контактные выводы проволочные.

Конденсаторы ЭТО (Электролитические Танталовые с Объемно-пористыми положительными электродами) резко отличаются по своей конструкции от всех описанных выше электролитических конденсаторов. Они имеют грибовидные корпусы, наполненные жидким кислотным электролитом (рис. 12-5,*д*). Положительный электрод (обкладка) конденсатора имеет форму цилиндра, спрессованного из мелких зерен металла тантала и подвергнутого обжигу в вакууме при высокой температуре, во время которого зерна спекаются между собой. Вследствие пористой структуры положительного электрода его действующая поверхность, принимающая участие в создании емкости, в 40—50 раз больше геометрической поверхности цилиндра. Диэлектриком является тонкая пленка окиси тантала на поверхностях зерен, к которым проникает электролит. Вывод от положительного электрода конденсатора выполнен в виде контактного лепестка или проволочного вывода, изолированного от корпуса кольцевой прокладкой из кислотостойкой резины и диском из стеклотекстолита. Отрицательным электродом конденсатора ЭТО служит наполняющий его электролит, а выводом этого электрода — корпус конденсатора. Для удобства включения отрицательного электрода конденсатора в схему к дну его корпуса приварен медный луженый проводник.

Особенность работы электролитических конденсаторов в схемах. Пленки окиси алюминия или тантала являются менее совершенными диэлектриками, чем, например, слюда, керамика или пропитанная бумага. Поэтому между электродами (обкладками) электролитического конденсатора всегда существует больший ток утечки по сравнению с конденсаторами других типов.

При длительном пребывании электролитического конденсатора без напряжения (в бездействующей аппаратуре) оксидный слой на положи-

тельном электроде конденсатора ослабляется («расформовывается») вследствие растворения его электролитом. Поэтому ток утечки между электродами электролитического конденсатора в момент включения на него напряжения получается очень большим. Но под действием поданного напряжения слой окисла алюминия или тантала начинает улучшаться («формоваться»), вследствие чего ток утечки быстро уменьшается и через несколько минут величина его практически стабилизируется.

Если конденсатор работает при повышенной температуре, ток утечки возрастает.

При работе конденсаторов КЭ под напряжением происходит испарение воды и других летучих веществ, входящих в электролит. Вследствие этого ухудшаются диэлектрические свойства слоя окиси на положительном электроде, приводящие не только к увеличению тока утечки, но и к уменьшению емкости конденсатора. Через 10 000 *ч* работы конденсатора можно ожидать уменьшения емкости конденсатора КЭ примерно на 30%. В условиях повышенной температуры этот процесс ускоряется; если при этом конденсатор работает под большим напряжением, рост тока утечки может привести к прогрессирующему перегреву конденсатора, при котором слой окисла на положительном электроде разрушается и конденсатор выходит из строя. В конденсаторах КЭГ, а особенно у конденсаторов ЭТО эти явления сказываются в меньшей степени.

Холодоустойчивость электролитических конденсаторов. Недостатком электролитических конденсаторов является значительное снижение их емкости при низких температурах. Холодоустойчивость электролитических конденсаторов типов ЭМ, КЭ и КЭГ определяется буквами, входящими в наименование типа конденсатора: Н — неморозоустойчивые конденсаторы; М — морозоустойчивые; ПМ — с повышенной морозоустойчивостью; ОМ — особо морозоустойчивые (например, ЭМ-М — морозоустойчивый конденсатор, а КЭ-1 ОМ — особо морозоустойчивый). Больше всего уменьшается при охлаждении емкость конденсаторов группы Н и меньше всего — группы ОМ. Электролитические конденсаторы групп ПМ и ОМ обладают бо́льшими габаритами, чем конденсаторы групп Н и М с такими же номинальными емкостями и рабочими напряжениями.

В аппаратуре, работающей в комнатных условиях, можно применять электролитические конденсаторы любой группы. Конденсаторы групп ПМ и ОМ целесообразно применять только в аппаратуре, предназначенной для работы на морозе.

Применение конденсаторов постоянной емкости различных типов

При выборе конденсаторов постоянной емкости различных типов, рабочих напряжений и классов точности следует руководствоваться табл. 12-12.

При этом нужно учитывать следующее.

1. Если на конденсатор поступает постоянное напряжение (хотя бы и через сопротивление), желательно, чтобы номинальное рабочее напряжение этого конденсатора было по крайней мере на 20—25% выше напряжения источника питания.

2. Номинальное рабочее напряжение бумажных конденсаторов, применяемых в цепях переменного тока, нужно выбирать, руководствуясь табл. 12-8.

3. Можно применять конденсаторы с меньшими отклонениями от номинала и большими номинальными рабочими напряжениями по сравнению с указанными в табл. 12-12.

Таблица 12-12

Применение конденсаторов в радиоаппаратуре

Место конденсатора в схеме	Рекомендуемый тип конденсатора	Номинальное рабочее напряжение конденсатора, *в*	Допуск по емкости, %	Вид конденсатора
Высокочастотные цепи, цепи промежуточной частоты				
Антенная цепь	КДК, КТК,[1] КТМ	500; 150	Любой	Любой цвет[2]
	КС, КСО[3]	500; 250	»	Любая группа
	БМ, КБ, КБГ-И[3]	150; 200	»	—
	ПМ	60	»	—
Колебательный контур детекторного или однолампового СВ-ДВ приемника	КТК,[1] КТМ	500; 160	»	Любой цвет[2]
	КС, КСО	500; 250	± 20	Любая группа
	БМ, КБ, КБГ-И	150; 200	± 20	—
	ПМ	60	± 20	—
Колебательный контур гетеродина диапазонов СВ и ДВ (сопрягающий конденсатор)	КТК[1]	500	± 5	Красный
	КС	500	± 5	Группа П
	КСО	250; 500	± 5	Группа В, Г
То же диапазона КВ	КТК,[1] КТМ	500; 160	± 10	Красный
Другие колебательные контуры диапазонов СВ и ДВ, фильтров ПЧ (в том числе антенного)	КТК,[1] КТМ	500; 160	± 10	Красный
	КС	500	± 10	Группа П
	КСО	250; 500	± 10	Группа В, Г
То же диапазона КВ	КТК,[1] КДК, КДО, КДМ, КТМ	500; 160	± 20	Красный, голубой, серый, синий
То же диапазона УКВ	КДУ, КДО, КДМ КДК,	500; 160	± 20	
Связь между контурами полосового фильтра	КДК, КТК,[1] КТМ	500; 160	± 10	Голубой, серый
	КС	500	± 10	Группа О, М
	КСО[3]	250; 500	± 10	Группа В, Г
Цепь управляющей сетки лампы сеточного детектора или гетеродина	КДК, КТК,[1] КТМ	500; 160	± 10 ± 20	Голубой, серый
	КС	500	± 10 ± 20	Группа О, М
	КСО[3]	250; 500	± 10	Группа В, Г

Продолжение табл. 12-12

Место конденсатора в схеме	Рекомендуемый тип конденсатора	Номинальное рабочее напряжение конденсатора, *в*	Допуск по емкости, %	Вид конденсатора
Блокировочный конденсатор	КТК,[1] КДК, КО	300; 500	Любой	Любой цвет
	КДС, КТМ, КДМ	160; 250		
	КСО[3], КС	250; 500	»	Любая группа
	БМ, КБ, КБГ-И[3]	150—400	»	—
	ПО	300	± 10; ± 20	—
Междукаскадная связь (переходной конденсатор), цепь обратной связи	КТК[1], КДК	500	Любой	Любой цвет
	КТМ, КДМ	160		
	КСО[3], КС	250; 500	± 20	Любая группа
	ПО	300	± 10; ± 20	—
Цепь экранирующей сетки, катодная цепь (конденсатор, шунтирующий сопротивление автоматического смещения), развязывающий фильтр	КТК, КДК	300; 500	Любой	Зеленый, красный, оранжевый, желтый
	КДС	250	+ 100 — 20	
	КСО[3]	250; 500	± 20	Любая группа
	БМ, КБ, КБГ-И[3]	150—400	± 20	—
	КБГ-М1[3]	400	± 20	—
Фильтр цепи АРУ, цепи сетки электронно-оптического индикатора настройки	БМ, КБ, КБГ-И, КБГ-М1	150—200	± 20	—
Низкочастотные цепи				
Междукаскадная связь в ламповой схеме (переходной конденсатор)	КСО	250; 500	± 20	Любая группа
	БМ, КБ	150—400	± 20	—
	КБГ-И; КБГ-М2	400	± 20	—
	ПО	300	± 20	—
	ПМ	60	± 20	—
	КТК, КДК, КДС	250—500	Любой	Зеленый, желтый, оранжевый

Продолжение табл. 12-12

Место конденсатора в схеме	Рекомендуемый тип конденсатора	Номинальное рабочее напряжение конденсатора, *в*	Допуск по емкости, %	Вид конденсатора
То же в схеме с полупроводниковыми приборами	ЭМ; КЭ	4—15	Любой	—
Регулятор тембра	КСО; КС	250; 500	± 20	Любая группа
	БМ; КБ; КБГ-И	150; 400	± 20	—
Цепь частотной коррекции в каскаде предварительного усиления, цепь отрицательной обратной связи	КСО, КС	250; 500	± 10; ± 20	Любая группа
	БМ, КБ, КБГ-И	150—400	± 10; ± 20	—
	ПО	300	± 10; ± 20	—
Шунт первичной обмотки выходного трансформатора	КСО, КС	500—1 000 [4]	± 10; ± 20	Любая группа
	КБ, КБГ-И	400—1 000 [4]	± 10; ± 20	—
Цепь экранирующей сетки каскада предварительного усиления	БМ, КБГ-И, КБГ-М1	200; 400	± 20	—
	МБМ, МБГЦ, МБГП (КМБГ)	100—400	± 20	—
Цепь экранирующей сетки оконечного каскада	КЭ, КЭГ	150—300	+ 50 — 20	—
	МБГП (КМБГ), МБГО	160—400	± 20	—
Шунт сопротивления автоматического смещения каскада предварительного усиления	КЭ, КЭГ, ЭМ, ЭТО	4—8	+ 50 — 20	—
То же оконечного каскада	КЭ, КЭГ, ЭМ, ЭТО	8—20	+ 50 — 20	—
Выпрямители, общие цепи питания				
Сглаживающий фильтр выпрямителя питания приемно-усилительных ламп	КЭ, КЭГ	300—450	+ 50 — 20	—
	МБГО, МБГП (КМБГ)	250—600	± 20	—

Продолжение табл. 12-12

Место конденсатора в схеме	Рекомендуемый тип конденсатора	Номинальное рабочее напряжение конденсатора, *в*	Допуск по емкости, %	Вид конденсатора
Сглаживающий фильтр выпрямителя высокого напряжения для питания электроннолучевой трубки телевизора	КОБ, ПОВ	10 000—20 000	Любой	—
Цепь первичной обмотки силового трансформатора (помехозащитный конденсатор)	КБГ-И, КБГ-М1	400	± 20	—
	БГМ, КБ	400	± 20	—

[1] Вместо конденсаторов КТК можно применять конденсаторы КГК и КТН такой же окраски.
[2] Конденсаторы желтого, оранжевого цвета и красного цвета с синей отметкой в этих цепях применять не рекомендуется.
[3] Бумажные и слюдяные конденсаторы в этих цепях аппаратуры с КВ и УКВ диапазонами не применять.
[4] Номинальное рабочее напряжение конденсатора должно быть по крайней мере в 3 раза выше напряжения источника питания.

Конденсаторы переменной емкости и подстроечные (рис. 12-6 и 12-7)

Блоки воздушных конденсаторов переменной емкости. Основными частями конденсатора переменной емкости, применяемого для настройки колебательного контура радиоприемника, являются металлические пластины — обкладки, собранные в две электрически изолированные друг от друга группы. Пластины одной группы — статор — укреплены в конденсаторе неподвижно, а пластины другой группы — ротор, укреплены на оси. При вращении оси пластины ротора входят в промежутки между пластинами статора. Когда пластины ротора полностью находятся между пластинами статора, конденсатор имеет максимальную емкость, когда же ось конденсатора повернута на 180° от этого положения, емкость конденсатора минимальна. Последнюю называют начальной емкостью.

В приемниках, имеющих по два-три настраиваемых колебательных контура, применяют блоки конденсаторов переменной емкости. Такой блок состоит из двух или трех конденсаторов; их подвижные группы пластин обычно электрически соединены между собой и укреплены на общей оси, которая приводится во вращение общей ручкой. Неподвижные группы пластин конденсаторов в блоке изолированы друг от друга и имеют отдельные контактные выводы.

Номинальные емкости блоков. Блоки конденсаторов переменной емкости для радиовещательных приемников выпускаются с номинальными

максимальными емкостями 450—510 *пф*. Фактические максимальные емкости конденсаторов блоков отличаются от номинальных обычно не более чем на ±10 *пф*. Начальные емкости конденсаторов этих блоков 11—17 *пф*.

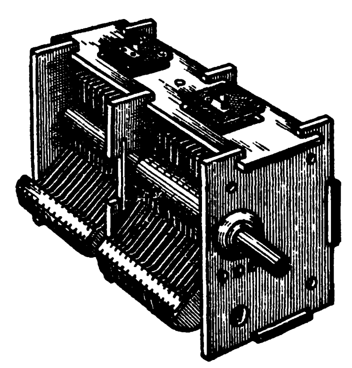


Рис. 12-6. Блок из двух конденсаторов переменной емкости.

Если в описании или на схеме радиоприемника указана максимальная емкость конденсаторов блока 450, 460 или 465 *пф*, то практически можно использовать блок конденсатора с максимальной емкостью до 510 *пф*. Отклонение минимальных емкостей конденсаторов переменной емкости от обозначенных на схеме на несколько пикофарад обычно не имеет практического значения, так как начальная емкость контуров подгоняется с помощью подстроечных конденсаторов.

Керамические подстроечные конденсаторы (рис. 12-7). Эти конденсаторы применяются главным образом для подгонки параметров колебательных контуров.

Номинальные пределы изменения емкости подстроечного конденсатора обозначаются на нем через дробную черту. Например, если ем-

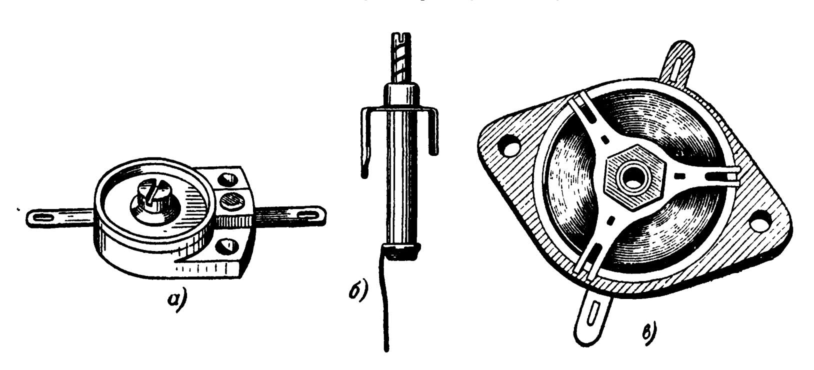


Рис. 12-7. Подстроечные конденсаторы.
а — КПК-1; *б* — КПКТ; *в* — КПК-3.

кость конденсатора может изменяться от 6 до 25 *пф*, на нем написано 6,25. Фактическая минимальная емкость подстроечного конденсатора может быть меньше, а фактическая максимальная емкость — больше обозначенной на нем.

Конденсатор КПК (Конденсатор Подстроечный Керамический) состоит из статора — неподвижного керамического основания и ротора — подвижного керамического диска. Последний укреплен к основанию на оси и может вращаться на ней с применением отвертки. Одна из плос-

костей ротора так отшлифована, что плотно прилегает к поверхности статора, которая также хорошо отшлифована.

Одна из серебряных обкладок нанесена на упомянутую поверхность статора, а другая — на поверхность ротора, противоположную шлифованной. Обе обкладки имеют форму секторов. Диэлектриком между ними служит материал ротора. Выводы от обкладок выполнены в виде контактных лепестков, приспособленных для припайки к ним внешних проводников.

Вращая ротор, можно изменять взаимное положение секторных обкладок на нем и на статоре и, следовательно, изменять и емкость между ними.

Конденсаторы КПК-1 имеют роторы диаметром около 18 *мм* и выпускаются с пределами изменения емкости 2—7; 4—15; 6—25 или 8—30 *пф*. Конденсаторы КПК-2 и КПК-3 имеют роторы диаметром около 33 *мм* и емкости их изменяются в пределах 6—60; 10—100 или 25—150 *пф*. При повышении температуры емкости подстроечных конденсаторов КПК уменьшаются, т. е. они являются термокомпенсирующими.

Емкости этих конденсаторов несколько изменяются с течением времени, главным образом вследствие микроскопических изменений воздушного зазора между статором и ротором. Указанный недостаток можно в некоторой степени уменьшить, если покрыть торцы конденсатора лаком после того, как закончена регулировка аппаратуры.

В качестве конденсаторов переменной емкости для настройки резонансных контуров подстроечные конденсаторы КПК применять не следует, так как уже после относительно небольшого числа поворотов ротора часть серебра неподвижной обкладки стирается и переносится на отшлифованную поверхность ротора. В результате этого минимальная емкость конденсатора с течением времени увеличивается.

Конденсатор КПКТ (Конденсатор Подстроечный Керамический Трубчатый). Основой его является керамическая трубка. Неподвижная обкладка в виде тонкого слоя серебра нанесена на внешнюю поверхность трубки, а подвижная обкладка представляет собой металлический стержень, находящийся внутри трубки и имеющий винтовую нарезку со шлицем. С помощью отвертки стержень может на большую или меньшую глубину вводиться внутрь трубки; при этом емкость конденсатора изменяется.

Выпускаются конденсаторы КПКТ с пределами изменения емкости 1—10; 2—15; 2—20 и 2—25 *пф*.

Диаметр корпуса конденсатора КПКТ около 7,5 *мм* и высота около 29 *мм*.

12-2. СОПРОТИВЛЕНИЯ

Классификация и основные характеристики сопротивлений

Постоянные и переменные сопротивления для радиоаппаратуры классифицируются: а) по типам (конструкции); б) по номинальной мощности, т. е. наибольшей мощности, которая может длительное время рассеиваться на сопротивлении без вреда для его исправной работы в схеме; в) по номинальной величине электрического активного сопротивления (сокращенно ее называют **номиналом** сопротивления) и г) по наибольшему возможному отклонению действительной величины активного сопротивления от номинальной. Величину этого отклонения называют также **допуском**.

У переменных сопротивлений (потенциометров) номинальная величина сопротивления определяется между крайними выводами; она не зависит от положения движка.

Переменные сопротивления, кроме того, различаются по характеру изменения их сопротивления между одним из крайних и средним выводом при вращении их осей (рис. 12-11). Если величина сопротивления между средним выводом и любым из крайних выводов пропорциональна изменению угла поворота оси, на кожухе сопротивления ставится буква А. Если же величина сопротивления между средним и правым выводами (если смотреть на сопротивление со стороны противоположной оси) при вращении оси по часовой стрелке увеличивается по логарифмической или показательной кривой, то на сопротивлении ставится соответственно буква Б или В.

Таблица 12-13

Стандартизованные номинальные величины сопротивлений (по ГОСТ 2825-55)

Омы			Килоомы			Мегомы	
1,0	10	100[1]	1,0[2]	10[3]	100[3]	1,0[3]	10
1,1	11	110	1,1	11	110	1,1	
1,2	12	120[1]	1,2[1]	12[1]	120[1]	1,2[1]	12
1,3	13	130	1,3	13	130	1,3	
1,5	15	150[1]	1,5[2]	15[3]	150[3]	1,5[3]	15
1,6	16	160	1,6	16	160	1,6	
1,8	18	180[1]	1,8[1]	18[1]	180[1]	1,8[1]	18
2,0	20	200	2,0	20[4]	200[4]	2,0[4]	
2,2	22	220[1]	2,2[2]	22[2]	220[2]	2,2[2]	22
2,4	24	240	2,4	24	240	2,4	
2,7	27	270[1]	2,7[1]	27[1]	270[1]	2,7[1]	27
3,0	30	300	3,0	30	300	3,0	
3,3	33	330[1]	3,3[2]	33[2]	330[2]	3,3[2]	33
3,6	36	360	3,6[4]	36[4]	360[4]	3,6[4]	
3,9	39	390[1]	3,9[1]	39[1]	390[1]	3,9[1]	39
4,3	43	430	4,3	43	430	4,3	
4,7	47[1]	470[2]	4,7[2]	47[2]	470[2]	4,7[2]	47
5,1	51[1]	510[1]	5,1[1]	51[1]	510[1]	5,1	
5,6	56[1]	560[1]	5,6[1]	56[1]	560[1]	5,6	56
6,2	62	620	6,2	62	620	6,2	
6,8	68[1]	680[2]	6,8[2]	68[2]	680[2]	6,8	68
7,5	75	750	7,5[4]	75[4]	750[4]	7,5	
8,2	82[1]	820[1]	8,2[1]	82[1]	820[1]	8,2	82
9,1	91	910	9,1	91	910	9,1	
							100

Примечание. Переменные сопротивления типа СПО изготовляются с номинальными значениями, отмеченными индексами [1], [2], [3]. Переменные сопротивления СП изготовляются с номинальными значениями, отмеченными индексами [2], [3]. Переменные сопротивления типа ТК и ВК изготовляются с номинальными значениями, отмеченными индексами [3], [4], а также 2,5; 5; 25; 50; 250 500 *ком*, 2,5 и 5 *Мом*.

Номинальное сопротивление и допуск. Номинальное сопротивление (см. табл. 12-13) — это значение, обозначенное на сопротивлении. Различные партии постоянных сопротивлений широкого применения изготовляются с предельно возможными отклонениями от номинальной величины ±5, ±10 и ±20%. Предельно возможное отклонение указывается на каждом постоянном сопротивлении, если это отклонение не более ±10%. Некоторые заводы вместо обозначения ±5% ставят на сопротивлениях римскую цифру I (первый класс точности сопротивления), а вместо обозначения ±10% — римскую цифру II (второй класс точности). Сопротивления, на которых допуск не указан, могут иметь отклонение от номинала до ±20%.

Переменные сопротивления СП и СПО изготовляются с предельно возможными отклонениями от номинала ±20%, а сопротивления ТК и ВК — с предельно возможным отклонением от номинала ±25%. Допуск на корпусах переменных сопротивлений не обозначается.

Фактическое отличие величин сопротивлений от номинального значения в большинстве случаев меньше предельно допустимого для каждого данного образца сопротивления.

Соседние номиналы постоянных сопротивлений до 10 *Мом* отличаются друг от друга так, что наибольшая фактически возможная величина сопротивления, маркированного какой-либо номинальной величиной, совпадает с наименьшей фактически возможной величиной (или несколько больше) ближайшего большего номинала, если оба сопротивления изготовлены с предельно допустимым отклонением от номинала ±5%. Постоянные сопротивления с номинальными величинами свыше 10 *Мом* и все переменные сопротивления изготовляются с бóльшими промежутками между соседними номиналами.

Типы постоянных сопротивлений (рис. 12-8, табл. 12-14 и 12-15)

Число, входящее в наименование типа сопротивления, указывает на его номинальную мощность. Например, номинальная мощность сопротивления ВС-0,25 составляет 0,25 *вт*, номинальная мощность сопротивления МЛТ-1 равна 1 *вт* и т. д.

Углеродистые сопротивления ВС. В радиовещательной аппаратуре заводского изготовления и в самодельной радиолюбительской аппаратуре наиболее распространены непроволочные углеродистые сопротивления ВС-0,12 (УЛМ); ВС-0,25; ВС-0,5; ВС-1 и ВС-2. Каждое из них представляет собой цилиндрический керамический стержень, на поверхность которого в виде спирали нанесен слой углерода. На концы стержня туго надеты латунные луженые или посеребренные хомутики с ленточными «хвостами» из того же материала (конструктивный вариант «а») или колпачки из такого же материала с проволочными медными выводами, расположенными по оси сопротивления (конструктивный вариант «б»). Весь науглероженный стержень вместе с хомутиками или колпачками покрыт влагостойкой эмалью зеленого или красного цвета. Качество зеленых сопротивлений лучше. Сопротивление включается (подпаивается) в схему концами ленточных или проволочных выводов.

У сопротивлений ВС мощностью от 5 *вт* и выше слой углерода нанесен не на сплошной стержень, а на керамическую трубку и выводные контакты выполнены в виде массивных латунных хомутов.

Сопротивления МЛТ и МЛШ. Такое сопротивление представляет собой керамическую трубку, на поверхность которой по спирали нанесен очень тонкий слой специального металлического сплава, обладающего

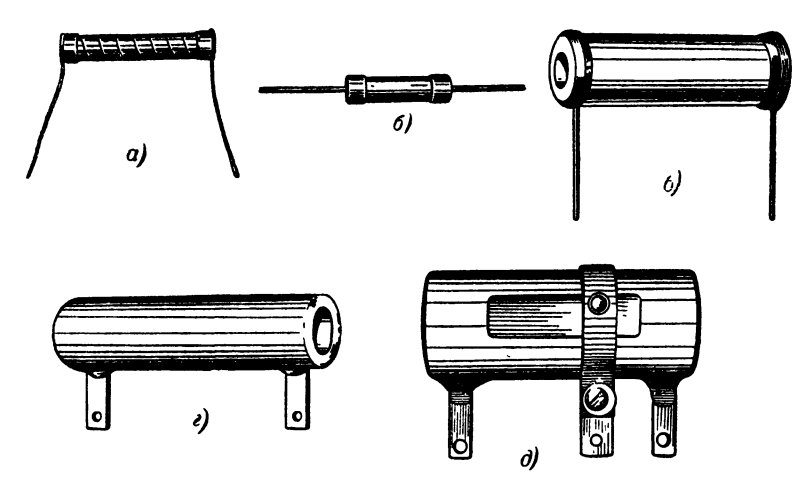


Рис. 12-8. Постоянные непроволочные и проволочные эмалированные сопротивления.
а — ВС-0,12 — ВС-2 (конструктивный вариант «а»), УЛМ; *б* — МЛТ-0,25 — МЛТ-2; МЛШ-0,5 — МЛШ-2; ВС-0,25 — ВС-2 (конструктивный вариант «б»); *в* — ПЭ-7,5 — ПЭ-150; *г* — ПЭВ-2,5 — ПЭВ-100; *д* — ПЭВ-10Х — ПЭВ-100Х.

большим удельным сопротивлением. На концы стержня надеты металлические колпачки с проволочными медными выводами, расположенными по оси корпуса сопротивления.

Таблица 12-14

Постоянные непроволочные сопротивления, наиболее распространенные в радиолюбительской практике

Тип сопротивления	Номинальная мощность, *вт*	Номинальные величины		Диаметр и длина корпуса наибольшие, *мм*
		наименьшая, *ом*	наибольшая, *Мом*	
ВС-0,12 (УЛМ)	0,12	27	1	2,2 × 7
ВС-0,25	0,25	27	5,1	5,4 × 18,5
ВС-0,5	0,5	27	5,1	5,4 × 28,5
ВС-1	1	47	10	7,2 × 32,5
ВС-2	2	47	10	9,5 × 53
МЛТ-0,25	0,25	100	3	2,8 × 7
МЛТ-0,5, МЛШ-0,5	0,5	100	5,1	4,2 × 10,8
МЛТ-1, МЛШ-1	1	100	10	6,6 × 13
МЛТ-2, МЛШ-2	2	100	10	8,6 × 18,5

Таблица 12-15

Проволочные эмалированные сопротивления

Тип [1]	Номинальная мощность, *вт*	Номинальные величины	Размеры трубки, *мм*		
			Внешний диаметр не более	Внутренний диаметр не менее	Длина не более
ПЭ-7,5	7,5	5 *ом* — 5 *ком*	12	3,5	41,5
ПЭ-15 (тип I)	15	5 *ом* — 5 *ком*	16	5,5	51,5
ПЭ-20 (тип II)	20	2,5 *ом* — 5 *ком*	20	9,5	51,5
ПЭ-25 (тип III)	25	5 *ом* — 5,6 *ком*	25	12,4	51,5
ПЭ-50 (тип IV)	50	1 *ом* — 15 *ком*	25	12,4	92,0
ПЭ-75 (тип V)	75	1 *ом* — 30 *ком*	25	12,4	164
ПЭ-150 (тип VI)	150	0,9 *ом* — 50 *ком*	32	17,0	219
ПЭВ-2,5	2,5	43 *ом* — 430 *ом*	14,5	3,5	27,5
ПЭВ-7,5	7,5	5 *ом* — 3,3 *ком*	16	5,0	37,5
ПЭВ-10	10	5 *ом* — 10 *ком*	16	5,0	42,5
ПЭВ-15	15	5 *ом* — 15 *ком*	19	7,5	46,5
ПЭВ-20	20	10 *ом* — 20 *ком*	19	7,5	53,0
ПЭВ-25	25	10 *ом* — 24 *ком*	23,5	11,4	53,0
ПЭВ-30	30	10 *ом* — 30 *ком*	23,5	11,4	73,2
ПЭВ-40	40	20 *ом* — 51 *ком*	23,5	11,4	89,2
ПЭВ-50	50	20 *ом* — 51 *ком*	32	18,9	93,4
ПЭВ-75	75	51 *ом* — 51 *ком*	32	18,9	143,2
ПЭВ-100	100	51 *ом* — 56 *ком*	32	18,9	173,5
ПЭВ-10Х	10	5 *ом* — 200 *ом*	16	5,0	42,5
ПЭВ-15Х	15	20 *ом* — 220 *ом*	19	7,5	46,5
ПЭВ-20Х	20	20 *ом* — 430 *ом*	19	7,5	53,0
ПЭВ-25Х	25	10 *ом* — 510 *ом*	23,5	11,4	53,0
ПЭВ-30Х	30	20 *ом* — 1 *ком*	23,5	11,4	73,2
ПЭВ-50Х	50	24 *ом* — 1,5 *ком*	32	18,9	93,4
ПЭВ-100Х	100	51 *ом* — 2,7 *ком*	32	18,9	173,5

[1] В скобках указаны наименования сопротивлений ПЭ, под которыми они выпускались до 1952 г.

Сопротивления МЛТ окрашены в красный, а МЛШ — в зеленый цвет. По качеству сопротивления МЛТ лучше сопротивлений МЛШ.

Проволочные эмалированные сопротивления ПЭ и ПЭВ. Такое сопротивление представляет собой керамическую трубку, на которую намотана нихромовая или константановая проволока. Обмотка эта покрыта сверху стекловидной эмалью коричневого или зеленого цвета. Выводы концов обмотки сопротивления ПЭ выполнены в виде гибких жгутов из тонких медных проволок, концы которых подпаиваются в схему (некоторые сопротивления имеют отводы от промежуточных витков). Выводы сопротивлений ПЭВ представляют собой латунные пластинки с отверстиями, к которым производится подпайка монтажных проводников. Крепятся сопротивления ПЭ и ПЭВ к шасси приемников с помощью металлических болтов (или шпилек) с шайбами большого внешнего диаметра

и гайками. Болт (шпилька) пропускается сквозь внутреннее отверстие трубки сопротивления.

Сопротивление ПЭВ, имеющее подвижный хомутик, с помощью которого можно изменять величину включенной части сопротивления, называется ПЭВ-Х.

Маркировка сопротивлений. На каждом сопротивлении указывают его номинальную величину в омах, килоомах или мегомах; обозначение *ком* часто заменяется одной буквой *к*, а обозначение *Мом* — одной буквой *М*.

Номинальная мощность указывается только на корпусах проволочных эмалированных сопротивлений и непроволочных сопротивлений ВС-1, ВС-2, ВС-5, ВС-10, ВС-15, ВС-30, ВС-60 и ВС-100. На сопротивлениях ВС с меньшими номинальными мощностями и на всех сопротивлениях МЛТ и МЛШ номинальная мощность не обозначается. Ее можно определить по размеру корпуса сопротивления, пользуясь табл. 12-14.

Применимость постоянных сопротивлений различных типов

Выбор постоянных сопротивлений для различных цепей радиоаппаратуры в большинстве практических случаев может быть произведен с помощью табл. 12-16. При этом необходимо иметь в виду, что на сопротивления ВС-0,12 (УЛМ) недопустимо подавать напряжения больше 100 *в*.

Можно применять сопротивления с меньшими допусками и большими номинальными мощностями по сравнению с указанными в этой таблице.

Делители напряжения следует составлять из сопротивлений с допуском ±5 или ±10%. Входящие в делитель сопротивления с меньшими номиналами должны иметь меньшие отклонения от номинала.

Для случаев, не предусмотренных табл. 12-16, минимально необходимая мощность сопротивления может быть определена с помощью графика рис. 12-9 по величине тока, проходящего через сопротивление, или по величине приложенного к нему напряжения.

Из этого графика видно, что чем больше величина сопротивления каждой данной номинальной мощности, тем больше допустимое напряжение для него. Однако для сопротивления каждого типа и каждой номинальной мощности существует определенное предельное напряжение (соответствующее определенному значению величины сопротивления), которое нельзя превышать, не опасаясь электрического пробоя между витками проводящего слоя, нанесенного на керамику. Это выражается на графике тем, что линии для шкалы напряжений при некоторых величинах сопротивлений имеют излом — из наклонных делаются горизонтальными. Соответствующие изломы имеют и линии для шкалы токов.

Приводим примеры пользования графиками рис. 12-9.

Пример 1. Сопротивление 15 *ком* нужно подключить к источнику тока, напряжение на зажимах которого составляет 100 *в*. Требуется определить номинальную мощность сопротивления.

В этом случае нужно пользоваться линиями для шкалы напряжений, поскольку задана величина напряжения. Вертикальная линия, проведенная от деления *«15 ком»* шкалы *«омы — килоомы»*, пересекает горизонтальную линию, проведенную от деления *«100 в»* шкалы *«вольты»*, в точке между наклонными линиями с обозначениями «ВС-0,5, МЛТ-0,5» и «ВС-1, МЛТ-1». Следовательно, чтобы мощность, рассеиваемая на сопротивлении, не превышала номинальной, необходимо применить сопротивление ВС-1 или МЛТ-1.



Вольты или миллиамперы

1000 800 600 500 400 300 200 100 80 60 50 40 30 20 10 8 6 5 4 3 2 1 0,8 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1

22 33 47 68 100 150 220 330 470 680 1 1,5 2,2 3,3 4,7 6,8 10 15 22 33 47 68 100 150 220 330 470 680 1000

Омы | Килоомы

Линии для шкалы напряжений

ВС-1, МЛТ-2
ВС-0,5, МЛТ-1
ВС-0,25, МЛТ-0,5
МЛТ-0,25
ВС-0,12, УЛМ
ВС-2, МЛТ-2
ВС-1, МЛТ-1
ВС-0,5; МЛТ-0,5
МЛТ-0,25
ВС-0,25, МЛТ-0,25
ВС-0,12, УЛМ

Линии для шкалы токов

ВС-2, МЛТ-2
ВС-1, МЛТ-1
ВС-0,5, МЛТ-0,5
ВС-0,25, МЛТ-0,25
ВС-0,12, УЛМ
ВС-2
ВС-1, МЛТ-2
ВС-0,5, МЛТ-0,1
ВС-0,25, МЛТ-0,5
МЛТ-0,25

Пример 1

Пример 2

Рис. 12-9. Кривые для выбора номинальной мощности сопротивления по величине проходящего через него тока или падающего на нем напряжения.

Таблица 12-16

Применение постоянных непроволочных сопротивлений в радиоаппаратуре

Место сопротивления в схеме	Номинальная мощность, *вт*, при питании		Допуск, %
	от сети	от батарей	
Цепь управляющей сетки лампы каскада усиления ВЧ, сеточного детектора, оптического индикатора настройки, каскада предварительного усиления НЧ; цепь сигнальной сетки лампы преобразователя частоты супергетеродина; развязывающая ячейка цепи управляющей сетки; цепь АРУ	0,12	0,12	±20
Цепь управляющей сетки оконечного каскада усиления НЧ, работающего в режиме класса А	0,25	0,12	±20
То же в режиме класса АБ с выходной мощностью до 20 *вт*	0,5	0,25	±20
Цепь гетеродинной сетки преобразователя частоты	0,25	0,12	±10
Нагрузка диодного детектора или дискриминатора	0,12	0,12	±10
Цепь катода лампы каскада усиления ВЧ или предварительного усиления НЧ на сопротивлениях (сопротивление автоматического смещения)	0,25	—	±5
Цепь экранирующей сетки лампы каскада предварительного усиления НЧ (балластное сопротивление)	0,25	0,25	±10
Цепь экранирующей сетки лампы каскада усиления ВЧ, ПЧ или лампы преобразователя частоты супергетеродина	0,5	0,25	±10
Анодная цепь лампы каскада усиления ВЧ, широкополосного усилителя ПЧ или предварительного усиления НЧ (нагрузочное сопротивление) при номинале до 220 *ком*	0,5	0,25	±10
То же при номинале свыше 220 *ком*	0,25	0,25	±20
Анодный развязывающий фильтр каскада усиления ВЧ, ПЧ или предварительного усиления НЧ	0,5	0,25	±20
Цепь катода (сопротивление автоматического смещения), цепь экранной сетки (балластное сопротивление) однолампового оконечного каскада	1—2	0,5	±10

Продолжение табл. 12-16

Место сопротивления в схеме	Номинальная мощность, *вт*, при питании		Допуск, %
	от сети	от батарей	
Цепь первичной обмотки выходного трансформатора (цепь частотной коррекции)	0,5	0,25	±10
Корректирующая цепочка каскада предварительного усиления НЧ, цепь отрицательной обратной связи	0,25	0,25	±5; ±10
Все цепи каскадов усиления ВЧ, ПЧ и предварительного усиления НЧ на транзисторах	0,12	0,12	±20

Пример 2. В цепь катода лампы оконечного каскада нужно включить сопротивление 220 *ом*. Через него будет проходить общий ток анода и экранирующей сетки величиной 80 *ма*. Определить требуемую номинальную мощность сопротивления.

В данном случае, поскольку задана величина тока через сопротивление, при расчете пользуемся линиями для шкалы токов. Вертикальная линия, проведенная от деления «*220*» шкалы «*омы—килоомы*» графика, пересекает горизонтальную линию, проведенную от деления «*80*» шкалы «*миллиамперы*», в точке между наклонными линиями с обозначениями «ВС-1, МЛТ-1» и «ВС-2, МЛТ-2». Следовательно, чтобы мощность, рассеиваемая на сопротивлении, не превышала номинальной, нужно применить сопротивление ВС-2 или МЛТ-2.

Переменные сопротивления (рис. 12-10 и табл. 12-17)

Назначение. Переменные сопротивления — потенциометры применяются в качестве регуляторов громкости и тембра в радиоприемниках, усилителях и телевизорах, а также для регулировки различных напряжений в телевизорах.

Сопротивления СП и ВК. Основными частями непроволочного переменного сопротивления СП или ВК являются: дужка из изоляционного материала, покрытая с одной стороны проводящим слоем углерода, и проволочная токосъемная щетка (ползунок). При вращении оси, на которой щетка укреплена, она может перемещаться по проводящей поверхности дужки. Щетка изолирована от оси. Весь этот механизм заключен в корпус, сделанный из пластмассы и металла. Включается переменное сопротивление в схему при помощи трех контактных лепестков. Средний из них соединен с ползунком а два крайних — с концами дужки.

Сопротивления СП с осями, имеющими шлицы, применяются в тех случаях, когда в эксплуатации сопротивлениями приходится пользоваться

редко (например, в телевизионных приемниках для регулировки размера строк, частоты строк, частоты кадров и т. п.).

Сопротивление СП-II снабжено фиксатором положения оси в виде разрезной втулки с навинчивающейся на нее гайкой. С помощью последней ось можно застопорить в любом положении после того, как закончена регулировка приемника, и этим исключить возможность случайно нарушить установленное положение щетки на дужке.

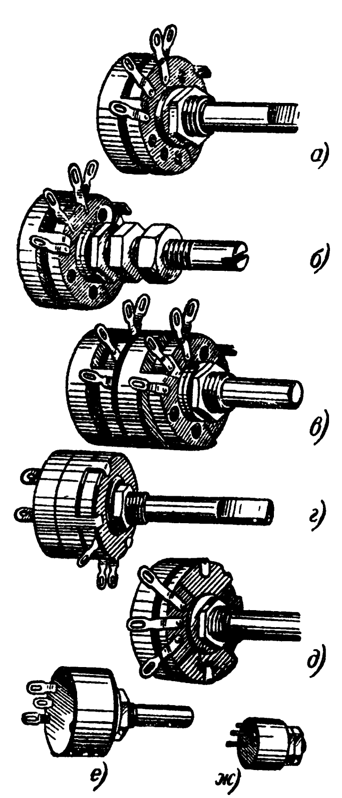


Рис. 12-10. Переменные непроволочные сопротивления.
а — СП-I, СП-V; *б* — СП-II; *в* — СП-III; *г* — ТК; *д* — ВК; *е* — СПО-2; *ж* — СПО-0,5

Сопротивление СП-III представляет собой два переменных сопротивления описанной выше конструкции, имеющих общую ось. С его помощью можно регулировать напряжение или ток сразу в двух цепях. Такое же сопротивление с устройством (втулкой и гайкой) для стопорения оси называется СП-IV. Сдвоенные сопротивления применяются в осциллографах, генераторах звуковой частоты и в других измерительных приборах.

Сопротивления ТК. Это сопротивление устроено так же, как и ВК, но на его корпусе имеется выключатель, используемый для выключения питания приемника (усилителя).

Выключатель приводится в действие от вращения оси переменного сопротивления, когда его контактная щетка заканчивает свой путь по токопроводящему слою.

Сопротивление СПО. У этих сопротивлений керамические корпусы. Токопроводящий слой впрессован в дугообразную канавку в корпусе и имеет значительно большую толщину, чем у описанных выше сопротивлений. Поэтому сопротивления типов СПО и называются объемными. Контактные щетки у них графитовые.

Применение переменных сопротивлений различных типов. В регуляторах громкости и регуляторах тембра могут быть использованы переменные сопротивления с любой номинальной мощностью. Однако сопротивлениям типа СП следует отдавать предпочтение перед сопротивлениями типа ВК, так как сопротивления типа СП более надежны и долговечны в работе.

Для того чтобы регулировка усиления (громкости) была плавной, в регуляторах усиления следует применять переменные сопротивления с кривой вида *В* (рис. 12-11). Для регулировки тембра и напряжений рекомендуется применять переменные сопротивления с кривой вида *А*.

Таблица 12-17

Непроволочные переменные сопротивления

Тип	Вид кривой по рис. 12-11	Номинальная мощность, *вт*	Номинальные величины сопротивлений		Наибольшее возможное отклонение от номинала сопротивления, %	Диаметр корпуса сопротивления, *мм*	Диаметр оси, *мм*	Длина оси, *мм*
			Наименьшая, *ом*	Наибольшая, *Мом*				
ВК; ТК	*А*	0,5	2 500	7,5				
	Б	0,2 и 0,4	15 000	2	± 25	33,5	6	50 и 58
	В	0,2 и 0,4	36 000	2				
СП	*А*	1 и 2	470	4,7	± 20	29	6	4; 13 и 60
	Б; *В*	0,5 и 1	22 000	2,2				
СПО-0,15	*А*	0,15	100	1	± 20	9,6		
СПО-0,5	*А*	0,5	100	1	± 20	15,6	3	3; 13 и 19
СПО-1	*А*	1	51	4,7	± 20	20,7		
СПО-2	*А*	2	47	4,7	± 20	28	6	4; 13 и 60

Переменные сопротивления с кривой вида *Б* применяются только в специальных случаях.

При использовании переменных сопротивлений СП, ВК и ТК для регулировки напряжений (токов) в цепях питания аппаратуры, где наблюдается повышенная температура за счет выделения тепла электронными лампами, трансформаторами или другими элементами схемы, эти сопротивления допустимо нагружать мощностями не свыше половины указанных в табл. 12-17.

Для определения мощности, рассеиваемой на переменном сопротивлении, по величине проходящего через него тока или приложенного к его крайним выводам напряжения можно воспользоваться кривыми рис. 12-9.

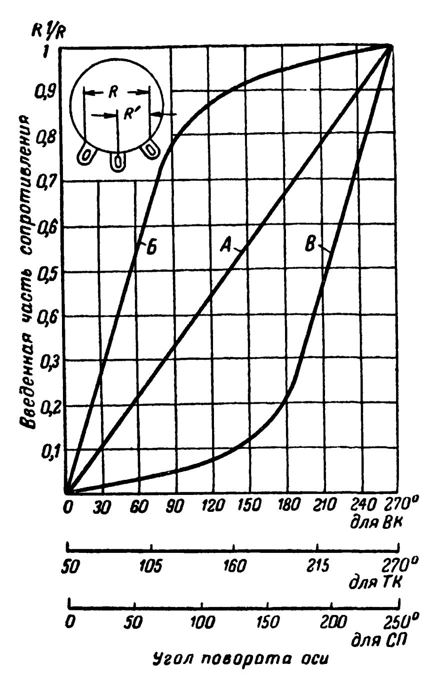


Рис. 12-11. Кривые зависимости величины введенного сопротивления от угла поворота оси.

12-3. ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Галетные переключатели

Назначение. Галетные переключатели используются в радиоаппаратуре, главным образом в качестве переключателей диапазонов, а также в других случаях, когда необходимо одним переключателем производить включение, выключение или переключение нескольких электрических цепей.

Устройство переключателя. Галетный переключатель состоит из текстолитовых, гетинаксовых или керамических плат (галет), к которым приклепаны пружинящие металлические контакты (рис. 12-12). В середине каждой платы имеется круглый вырез, в котором помещается круглая изоляционная пластинка с приклепанными к ней металлическими пластинками — замыкателями. Через центральное отверстие в средней изоляционной пластинке проходит ось переключателя, на конец которой насаживается ручка управления переключателем. При вращении последней средняя изоляционная пластинка вращается в вырезе платы и ее замыкатели соединяют между собой или разъединяют различные контакты на плате. Роликовый фиксатор стопорит ось и замыкатели подвижной пластинки в правильных положениях относительно неподвижных контактов и ограничивает угол, на который ось может вращаться.

Схемы переключателей. Стандартные платы имеют по 12 контактов и изготовляются по следующим трем основным схемам: 1) с переключе-

нием трех цепей на 3 направления каждой; 2) с переключением двух цепей на 5 направлений каждой и 3) с переключением одной цепи на 11 направлений.

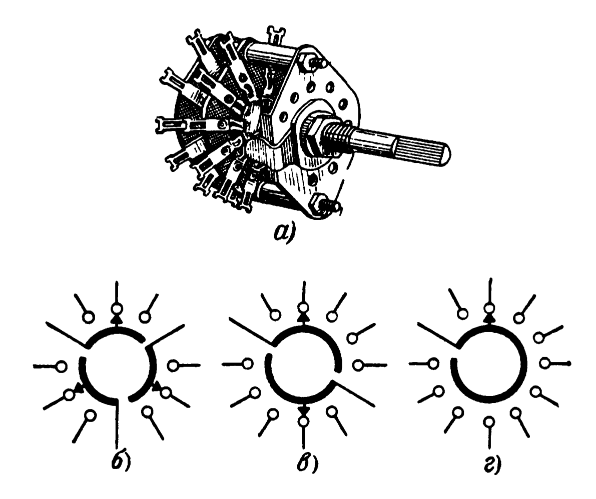


Рис. 12-12. Галетный переключатель.
а — общий вид переключателя с двумя текстолитовыми платами; *б* — принципиальная схема платы переключателя, осуществляющей переключение трех цепей на 3 направления; *в* — принципиальная схема платы, осуществляющей переключение двух цепей на 5 направлений; *г* — принципиальная схема платы, осуществляющей переключение одной цепи на 11 направлений.

В платах специального назначения число контактов может быть меньше 12, а замыкатели могут иметь более сложные формы, обеспечивающие более сложные комбинации соединения неподвижных контактов.

В переключателе может быть одна или несколько плат.

Клавишные переключатели

Назначение. Клавишный переключатель представляет собой многоконтактный переключатель, управляемый нажатием клавиш. Применяется в основном в радиоприемниках и радиолах для переключения диапазонов, включения и выключения питания и для переключения с радиоприема на воспроизведение граммофонных записей.

Наибольшее распространение имеют семиклавишные переключатели (рис. 12-13) на 24 переключения с двухполюсным выключателем питания, который расположен под панелью переключателя.

Действие переключателя. Если нажать любую из шести правых клавиш (*Б—Ж*), замыкаются контакты *а—в* выключателя питания $Вк_1$—$Вк_2$, размыкаются контакты *а—б* и замыкаются контакты *а—в* контактных групп, расположенных против данной клавиши, зуб рычага клавиши упирается в фиксирующую планку *Ф* и контакты в этом положении закрепляются. При нажатии любой другой клавиши из этих шести планка

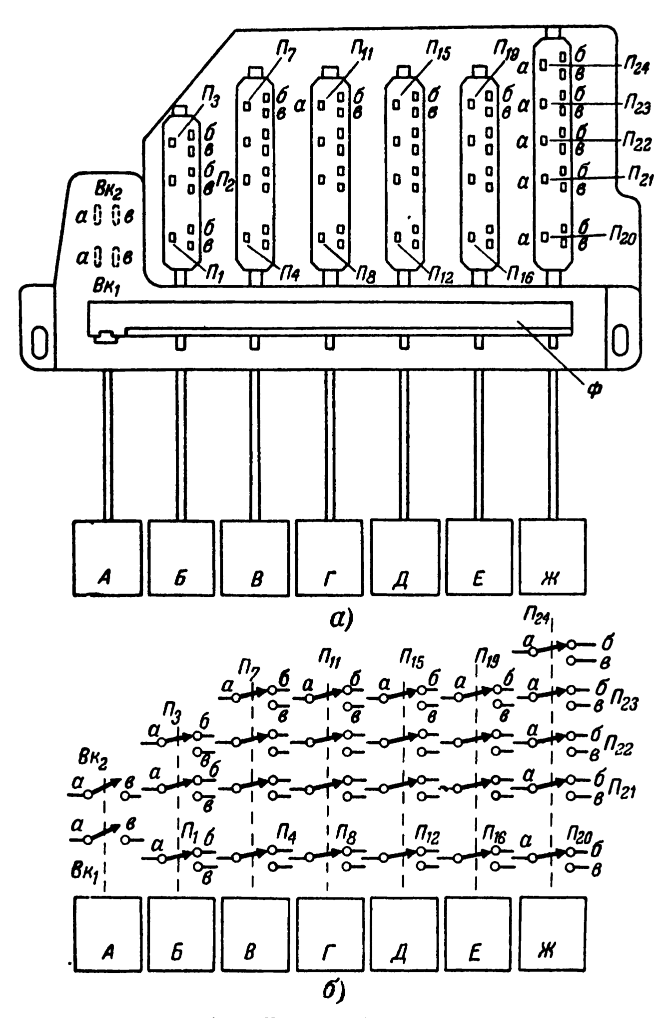


Рис. 12-13. Клавишный переключатель.

а — эскиз расположения выводных лепестков на панели переключателя (вид сверху); вторые концы лепестков выведены на панель; *б* — принципиальная схема; контакты показаны в положении, соответствующем ненажатым клавишам.

фиксатора приподнимается и силой возвратной пружины ранее нажатая клавиша и ее контакты возвращаются в исходное положение — контакты *а—в* размыкаются, а контакты *а—б* замыкаются; одновременно происходит размыкание контактов *а—б* и замыкание контактов *а—в*, расположенных против нажатой клавиши. Контакты выключателя питания остаются замкнутыми.

При нажатии крайней левой клавиши *А* контакты выключателя питания размыкаются, а ранее нажатая клавиша и ее контакты возвращаются в исходное положение.

Применение клавишного переключателя. Когда клавишный переключатель применяют в радиоприемнике, контакты клавиши *Б* используют обычно для переключения входа усилителя НЧ с детектора (радиоприем) на звукосниматель (воспроизведение грамзаписи), контакты каждой из пяти правых клавиш (В—Ж) — для включения в резонансные контура катушек индуктивности, относящихся к одному из диапазонов. Места для крепления этих катушек, а также подстроечных конденсаторов и других деталей колебательных контуров предусмотрены на панели переключателя.

С семиклавишным переключателем можно сконструировать радиоприемник с диапазонами ДВ, СВ и тремя КВ диапазонами, либо с диапазонами ДВ, СВ, двумя КВ диапазонами и одним УКВ диапазоном. Клавишный переключатель можно применить и в аппаратуре другого назначения, например в магнитофоне. В этом случае нажатием одной клавиш магнитофон включается на воспроизведение записи, в другом — на запись и т. д.

Выпускаются также пятиклавишные переключатели и переключатели с тремя клавишами, действие которых аналогично описанному семиклавишному переключателю.

12-4. СЕРДЕЧНИКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ И КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ

Сердечники силовых и низкочастотных трансформаторов и дросселей

Пластины для сердечников. Сердечники (магнитопроводы) выходных и других низкочастотных трансформаторов, силовых трансформаторов мощностью порядка десятков и сотен вольт-ампер, а также дросселей сглаживающих фильтров обычно собирают из пластин Ш-образной формы и замыкающих магнитную цепь прямоугольных пластин (рис. 12-14,*а*). Пластины эти штампуют из специальной электротехнической стали (трансформаторной) или иного материала с высокой магнитной проницаемостью (см. § 1-8 и 13-4). Применяют также пластины с просечкой, представляющие собой как бы одно целое из Ш-образных и замыкающих прямоугольных пластин (рис. 12-14,*б*). Эти пластины также называют Ш-образными.

Название пластины состоит из букв Ш, УШ или Шпр и числа, выражающего ширину среднего язычка пластины в миллиметрах (например, Ш-40, УШ-40). Пластины типа УШ отличаются тем, что их размеры h больше половины ширины среднего язычка l, в то время как у остальных типов пластин размеры h равны половине величины l. Буква У в наименовании типа пластины является первой буквой слова «уширенный», а буквы «пр» — первыми буквами слова «просечка».

Необходимо иметь в виду, что пластины типов Ш и Шпр при одинаковой ширине язычков изготовляются с язычками различной длины

(отличаются по высоте окна h_0) и с различными расстояниями между средними и крайними язычками (отличаются шириной окна l_0).

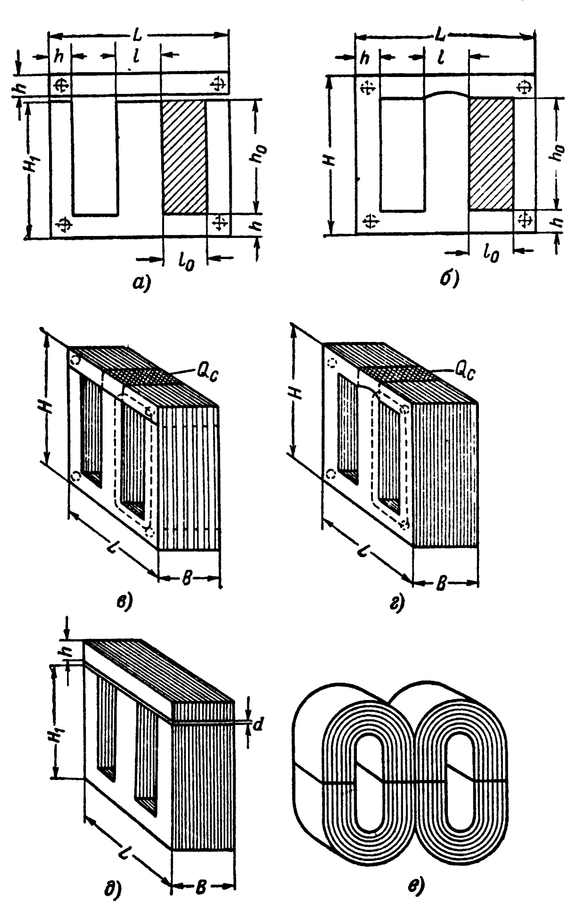


Рис. 12-14. Сердечники низкочастотных и силовых трансформаторов и дросселей. *а* — пластина для сердечников типа Ш и УШ; *б* — пластина для сердечника типа Шпр; *в* — сердечник, собранный вперекрышку из пластин типа Ш или УШ; *г* — сердечник, собранный вперекрышку из пластин типа Шпр; *д* — сердечник с немагнитным зазором, собранный из пластин типа Ш и УШ; *е* — витой разрезной сердечник, изготовленный из ленты.

На рис. *а* и *б* площадь Q_0 заштрихована; на рис. *в* и *г* пунктиром показана средняя силовая линия.

Ш-образные сердечники. Так называют сердечники, собранные из пластин типа Ш, УШ и Шпр. Такие сердечники называют также б р о н е в ы м и. Сердечники силовых трансформаторов и выходных транс-

форматоров двухтактных усилительных каскадов всегда собирают «вперекрышку» (рис. 12-14,*в* и *г*). Сердечники дросселей сглаживающих фильтров выпрямителей собирают из пластин типа Ш или УШ «в стык», прокладывая между пачкой Ш-образных и замыкающих пластин полоску из немагнитного материала, например картона, — получается сердечник с немагнитным зазором (рис. 12-14,*д*). Этот зазор часто называют воздушным, поскольку магнитная проницаемость такой прокладки равна магнитной проницаемости воздуха.

Каркас с обмотками (обмоткой) располагается на среднем стержне сердечника, занимая место в его окнах.

Часто применяют условное наименование сердечника, состоящее из наименования типа входящих в него пластин, знака умножения и числа, выражающего толщину пакета (набора) пластин в миллиметрах. Например, сердечник из пластин типа Ш-16 при толщине пакета $B=20$ *мм* обозначается Ш-16×20.

Сердечники из ленты. Последнее время в трансформаторах и дросселях применяют сердечники, изготовленные из ленточной электротехнической стали или иного ленточного материала с высокой магнитной проницаемостью (рис. 12-14,*е*). На специальном станке производят намотку сердечника требуемой формы и размеров, затем слои ленты под давлением склеивают между собой, полученное изделие разрезают на две части и их торцы в месте разреза тщательно шлифуют так, чтобы при обратном составлении их вместе не получался между ними воздушный зазор. Такие сердечники изготовляют только в заводских условиях.

Типовые Ш-образные (броневые) сердечники. Размеры типовых Ш-образных и замыкающих пластин, а также собираемых из них сердечников, применяемых в СССР, приведены в табл. 12-18. Здесь все обозначения линейных размеров и сечений такие же, как на рис. 12-14. По этой таблице можно выбрать сердечник для низкочастотного или силового трансформатора заданной мощности, не прибегая к расчетам, либо определить пригодность имеющегося сердечника (пластин) для изготовления такого трансформатора.

При пользовании табл. 12-18 необходимо иметь в виду следующее.

1. Сердечник для силового трансформатора, предназначаемого для включения в электросеть переменного тока с частотой 50 *гц*, следует выбирать так, чтобы мощность, снимаемая с его вторичных обмоток, не превышала указанной в таблице габаритной мощности трансформатора P_T.

Чтобы выходной трансформатор усилителя НЧ не вносил больших нелинейных искажений, сердечник его нужно выбирать с таким расчетом, чтобы передаваемая трансформатором мощность была по крайней мере в 2 раза меньше габаритной мощности, указанной в таблице.

2. При указанных в таблице плотностях тока Δ в обмотках перегрев трансформатора или дросселя (превышение его температуры над температурой окружающего воздуха) не превышает 30—35°C, что позволяет наматывать их проводом ПЭЛ, если трансформатор предназначен для устройства, которое будет работать при комнатной температуре.

Из таблицы видно, что с увеличением размеров трансформатора или дросселя допускаемая плотность тока в обмотках снижается. Это основано на том, что относительно большое тело имеет меньшую величину отношения поверхности к объему, чем меньшее тело такой же формы. Поэтому

трансформатор большего размера имеет на кубический сантиметр объема меньшую внешнюю поверхность, с которой рассеивается тепло, и плотность тока в обмотках при одинаковом допустимом перегреве должна быть меньше.

Для внешних обмоток трансформаторов (например, для наматываемых последними обмоток накала) можно допускать бóльшие плотности токов, чем указанные в таблице, на 15—20% при условии, что во внутренних обмотках плотности токов будут снижены.

3. Окна сердечников имеют такие площади Q_0, что обмотки, выполненные из провода марки ПЭЛ, ПЭВ или ПЭТ, должны в них разместиться при соблюдении следующих условий: а) плотности тока в обмотках соответствуют указанным в таблице; б) обмотки намотаны достаточно плотно, и прокладки между ними и слоями витков не занимают чрезмерно много места и в) стенки каркасов не имеют чрезмерной толщины.

4. Длина каркаса с обмотками трансформатора или дросселя с сердечником из пластин типа Шпр должна быть на 3—8 *мм* меньше высоты окна сердечника h_0, иначе сердечник не удастся собрать — пластины не будут входить в окно каркаса. Чем больше размеры пластин, тем больше должно быть укорочение каркаса.

5. При изготовлении трансформатора или дросселя с зазором в сердечнике толщина прокладки d, устанавливающей величину этого зазора, должна находиться в определенном отношении к сечению сердечника Q_c. В сердечнике небольшого сечения не следует делать большой зазор, так как при этом влияние самого сердечника на индуктивность катушки (обмотки) будет незначительно и потребуется слишком много витков провода. С другой стороны, в небольшом сердечнике нет смысла делать очень маленький зазор, так как он будет очень мало влиять на параметры катушки — последние будут определяться в основном сердечником.

Рекомендуются следующие ориентировочные величины немагнитных зазоров в сердечниках:

Ширина среднего язычка пластины l, *мм*	Толщина прокладки в зазоре d, *мм*
6—10	0,1 —0,2
12—20	0,15—0,5
22—28	0,25—0,8
30—40	0,3 —1,2

6. Вес сердечников и количество пластин, необходимых для их сборки, указаны ориентировочно. Они зависят от отклонений толщин пластин от номинальных, состояния пластин (наличие лакировки, деформаций и т. п.) и характеристик стали или иного материала, из которого изготовлены пластины.

7. Полезное поперечное сечение среднего стержня пакета сердечника вследствие наличия изоляции пластин и невозможности совершенно плотной их укладки в окне каркаса с обмотками всегда меньше, чем полное поперечное сечение, определяемое как произведение ширины средней части пластин на толщину пакета — lB. При использовании пластин 0,35 *мм* $Q_c \approx 0{,}91\ lB$, и при использовании пластин толщиной 0,5 *мм* $Q_c \approx 0{,}94\ lB$.

Таблица 12-18

Ш-образные пластины и сердечники

Тип	Габаритные размеры пластин и сердечников: L, *мм*	H, *мм*	H_1, *мм*	h, *мм*	B, *мм*	Ширина среднего стержня l, *мм*	Полезное сечение сердечника $Q_с$, *см²*: из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*	Размеры окна: $l_о$, *мм*	$h_о$, *мм*	$Q_о$, *см²*	Средняя длина магнитной силовой линии $l_м$, *см*	Необходимое количество пластин каждого типа для сборки сердечника: толщиной 0,35 *мм*	толщиной 0,5 *мм*	Вес сердечника, *кг*: из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*	Габаритная мощность трансформатора $P_Т$, *ва*	Плотность тока в обмотках Δ, *а/мм²*
Шпр-7	30	30	—	5	7	7	0,45	—	6,5	20	1,3	6,87	19	—	0,031	—	—	—
Ш-9	36	31,5	27	4,5	9	9	0,69	—	9	22,5	2,03	7,72	23	—	0,045	—	1,5	4,4
Шпр-9	36	31,5	27	4,5	12	9	0,92	—	9	22,5	2,03	7,72	31	—	0,060	—	1,8	3,8
УШ-10	36	31	24,5	6,5	10	10	0,91	0,94	6,5	18	1,17	5,66	26	19	0,055	—	1,0	4,5
					15	10	1,36	1,41	6,5	18	1,17	5,66	39	29	0,08	—	1,4	4,4
					20	10	1,82	1,88	6,5	18	1,17	5,66	52	37	0,11	—	1,8	4,3
Ш-12	36	32	26	6	15	12	1,64	—	6	18	1,08	6,7	26	—	—	—	—	—
Шпр-12	42	42	—	6	15	12	1,64	1,69	9	30	2,7	9,7	39	28	0,14	0,14	2,4	4,0
Ш-12	48	30	24	6	10	12	0,98	1,02	12	18	2,16	7,63	26	19	0,06	0,06	1,5	3,7
					12	12	1,31	1,36	12	18	2,16	7,63	31	23	0,08	0,09	2,2	3,6
					16	12	1,75	1,80	12	18	2,16	7,63	42	30	0,11	0,11	3,5	3,4
					20	12	2,18	2,26	12	18	2,16	7,63	52	38	0,14	0,14	4	3,3
					25	12	2,73	2,82	12	18	2,16	7,63	65	47	0,17	0,18	4,5	3,2
					32	12	3,49	3,61	12	18	2,16	7,63	83	60	0,22	0,23	5,5	3,0

Продолжение табл. 12-18

Тип	Габаритные размеры пластин и сердечников					Ширина среднего стержня l, *мм*	Полезное сечение сердечника Q_c, *см²*		Размеры окна			Средняя длина магнитной силовой линии $l_м$, *см*	Необходимое количество пластин каждого типа для сборки сердечника		Вес сердечника, *кг*		Габаритная мощность трансформатора P_1, *ва*	Плотность тока в обмотках Δ, *а/мм²*
	L, *мм*	H, *мм*	H_1, *мм*	h, *мм*	B, *мм*		из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*	l_0, *мм*	h_0, *мм*	Q_0, *см²*		толщиной 0,35 *мм*	толщиной 0,5 *мм*	из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*		
Ш-12, Шпр-12	48	42	36	6	10	12	0,98	1,02	12	30	2,16	10,3	26	19	0,08	0,09	4	3,5
					12	12	1,31	1,36	12	30	2,16	10,3	31	23	0,10	0,11	4,4	3,3
					16	12	1,75	1,80	12	30	2,16	10,3	42	30	0,13	0,14	5,5	3,2
					20	12	2,18	2,26	12	30	2,16	10,3	52	38	0,17	0,18	6,5	3,1
					25	12	2,73	2,82	12	30	2,16	10,3	65	47	0,21	0,23	8	3,0
					32	12	3,49	3,61	12	30	2,16	10,3	83	60	0,27	0,27	9,5	2,7
УШ-12	44	38	30	8	12	12	1,3	1,36	8	22	1,76	6,74	31	23	0,11	0,11	2	3,5
					18	12	1,95	2,04	8	22	1,76	6,74	47	39	0,17	0,17	2,9	3,3
					24	12	2,6	2,72	8	22	1,76	6,74	62	45	0,22	0,23	3,8	3,2
Ш-16	48	40	32	8	16	16	2,33	2,4	8	24	1,92	8,9	42	30	0,17	0,17	4	3,5
					24	16	3,49	3,6	8	24	1,92	8,9	62	45	0,25	0,25	5,5	3,4
					32	16	4,66	4,81	8	24	1,92	8,9	83	60	0.34	0,35	7	3,3

Продолжение табл. 12-18

Тип	Габаритные размеры пластин и сердечников					Ширина среднего стержня l, *мм*	Полезное сечение сердечника $Q_с$, *см²*		Размеры окна			Средняя длина магнитной силовой линии $l_м$, *см*	Необходимое количество пластин каждого типа для сборки сердечника		Вес сердечника, *кг*		Габаритная мощность трансформатора P_T, *ва*	Плотность тока в обмотках Δ, *а/мм²*
	L, *мм*	H, *мм*	H_1, *мм*	h, *мм*	B, *мм*		из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*	$l_о$, *мм*	$h_о$, *мм*	$Q_о$, *см²*		толщиной 0,35 *мм*	толщиной 0,5 *мм*	из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*		
Ш-16	64	40	32	8	10	16	1,31	1,35	16	24	3,84	10,5	26	19	0,13	0,13	4	3,4
					12	16	1,75	1,8	16	24	3,84	10,5	31	23	0,15	0,15	5,5	3,2
					16	16	2,33	2,4	16	24	3,84	10,5	42	30	0,20	0,20	7	3,1
					20	16	2,91	3	16	24	3,84	10,5	52	38	0,25	0,25	9	3,0
					25	16	3,64	3,76	16	24	3,84	10,5	65	47	0,31	0,32	10	2,9
					32	16	4,66	4,81	16	24	3,84	10,5	83	60	0,39	0,41	12	2,8
					40	16	5,82	6	16	24	3,84	10,5	104	75	0,49	0,51	15	2,6
Ш-16, Шпр-16	64	56	48	8	10	16	1,31	1,35	16	40	6,4	13,7	26	19	0,15	0,15	7	3,1
					12	16	1,75	1,8	16	40	6,4	13,7	31	23	0,19	0,19	10	3,0
					16	16	2,33	2,4	16	40	6,4	13,7	42	30	0,26	0,26	12	2,9
					20	16	2,91	3	16	40	6,4	13,7	52	38	0,32	0,33	15	2,7
					25	16	3,64	3,76	16	40	6,4	13,7	65	47	0,40	0,41	18	2,6
					32	16	4,66	4,81	16	40	6,4	13,7	83	60	0,51	0,52	22	2,5
					40	16	5,82	6	16	40	6,4	13,7	104	75	0,63	0,65	27	2,4
УШ-16	56	48	38	10	16	16	2,33	2,4	10	28	2,8	9	42	30	0,24	0,25	6	3,5
					24	16	3,49	3,6	10	28	2,8	9	62	45	0,36	0,37	8	3,4
					32	16	4,66	4,81	10	28	2,8	9	83	60	0,48	0,50	10	3,3

Продолжение табл. 12-18

Тип	Габаритные размеры пластин и сердечников: L, мм	H, мм	H_1, мм	h, мм	B, мм	Ширина среднего стержня l, мм	Полезное сечение сердечника Q_c, см²: из пластин толщиной 0,35 мм	из пластин толщиной 0,5 мм	Размеры окна: l_0, мм	h_0, мм	Q_0, см²	Средняя длина магнитной силовой линии $l_м$, см	Необходимое количество пластин каждого типа для сборки сердечника: толщиной 0,35 мм	толщиной 0,5 мм	Вес сердечника, кг: из пластин толщиной 0,35 мм	из пластин толщиной 0,5 мм	Габаритная мощность трансформатора P_T, ва	Плотность тока в обмотках Δ, а/мм²
Ш-18	54	45	36	9	18	18	2,96	3,04	9	27	2,43	10,3	47	34	0,25	0,25	8	4,2
					27	18	4,44	4,56	9	27	2,43	10,3	70	51	0,37	0,38	11	3,8
					36	18	5,92	6,1	9	27	2,43	10,3	94	68	0,49	0,51	14	3,3
УШ-19	67	57,5	45,5	12	19	19	3,28	3,4	12	33,5	4	10,6	49	36	0,35	0,36	11	3,3
					29	19	4,92	5,1	12	33,5	4	10,6	73	54	0,52	0,54	15	3,2
					38	19	6,56	6,8	12	33,5	4	10,6	98	72	0,70	0,72	20	3,1
Ш-20	60	50	40	10	20	20	3,64	3,76	10	30	3	11,1	52	38	0,33	0,34	12	3,9
					30	20	5,46	5,64	10	30	3	11,1	78	57	0,5	0,51	16	3,5
					40	20	7,28	7,52	10	30	3	11,1	104	75	0,66	0,68	20	3,2
Шпр-20	65	65	—	10	27	20	4,90	5,1	12,5	45	5,63	14,6	70	51	0,61	0,62	20	3,5
Ш-20	80	50	40	10	12	20	2,18	2,25	20	30	6	13,2	31	23	0,23	0,24	10	3,0
					16	20	2,91	3	20	30	6	13,2	42	30	0,31	0,32	12	2,9
					20	20	3,64	3,76	20	30	6	13,2	52	38	0,39	0,40	15	2,8
					25	20	4,55	4,7	20	30	6	13,2	65	47	0,48	0,50	18	2,7
					32	20	5,82	6	20	30	6	13,2	83	60	0,62	0,64	20	2,6
					40	20	7,28	7,52	20	30	6	13,2	104	75	0,77	0,80	25	2,5
					50	20	9,10	9,4	20	30	6	13,2	130	94	0,96	0,99	30	2,4

Продолжение табл. 12-18

Тип	Габаритные размеры пластин и сердечников					Ширина среднего стержня l, *мм*	Полезное сечение сердечника $Q_с$, *см²*		Размеры окна			Средняя длина магнитной силовой линии $l_м$, *см*	Необходимое количество пластин каждого типа для сборки сердечника		Вес сердечника, *кг*		Габаритная мощность трансформатора P_T, *ва*	Плотность тока в обмотках Δ, *а/мм²*
	L, *мм*	H, *мм*	H_1, *мм*	h, *мм*	B, *мм*		из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*	$l_о$, *мм*	$h_о$, *мм*	$Q_о$, *см²*		толщиной 0,35 *мм*	толщиной 0,5 *мм*	из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*		
Ш-20, Шпр-20	80	70	60	10	12	20	2,18	2,25	20	50	10	17,2	31	23	0,30	0,31	15	2,7
					16	20	2,91	3	20	50	10	17,2	42	30	0,40	0,41	20	2,6
					20	20	3,64	3,76	20	50	10	17,2	52	38	0,50	0,52	25	2,5
					25	20	4,55	4,7	20	50	10	17,2	65	47	0,62	0,64	30	2,5
					32	20	5,82	6	20	50	10	17,2	83	60	0,80	0,82	40	2,4
					40	20	7,28	7,52	20	50	10	17,2	104	75	0,99	1,02	45	2,3
					50	20	9,10	9,4	20	50	10	17,2	130	94	1,24	1,28	55	2,2
Ш-22	66	55	44	11	22	22	4,4	4,55	11	33	3,7	12,3	57	42	0,44	0,46	15	3,2
УШ-22	78	67	53	14	22	22	4,4	4,55	14	39	5,46	12,4	57	42	0,62	0,64	20	3,0
					33	22	6,6	6,82	14	39	5,46	12,4	86	63	0,93	0,97	28	2,8
					44	22	8,8	9,1	14	39	5,46	12,4	114	84	1,24	1,28	35	2,6

Продолжение табл. 12-18

Тип	Габаритные размеры пластин и сердечников					Ширина среднего стержня l, *мм*	Полезное сечение сердечника $Q_с$, *см²*		Размеры окна			Средняя длина магнитной силовой линии $l_м$, *см*	Необходимое количество пластин каждого типа для сборки сердечника		Вес сердечника, *кг*		Габаритная мощность трансформатора P_T, *ва*	Плотность тока в обмотках Δ, *а/мм²*
	L, *мм*	H, *мм*	H_1, *мм*	h, *мм*	B, *мм*		из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*	$l_о$, *мм*	$h_о$, *мм*	$Q_о$, *см²*		толщиной 0,35 *мм*	толщиной 0,5 *мм*	из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*		
Ш-25	100	62,5	50	12,5	16	25	3,4	3,64	25	37,5	9,4	16,4	42	30	0,48	0,60	20	2,7
					20	25	4,25	4,55	25	37,5	9,4	16,4	52	38	0,60	0,62	25	2,6
					25	25	5,3	5,68	25	37,5	9,4	16,4	65	47	0,75	0,78	30	2,5
					32	25	6,8	7,28	25	37,5	9,4	16,4	83	60	0,96	1,00	40	2,4
					40	25	8,5	9,1	25	37,5	9,4	16,4	104	75	1,20	1,24	45	2,3
					50	25	10,6	11,4	25	37,5	9,4	16,4	130	94	1,50	1,55	50	2,2
					63	25	13,4	14,3	25	37,5	9,4	16,4	163	118	1,89	1,96	60	2,1
Ш-25, Шпр-25	100	87,5	75	12,5	16	25	3,64	3,76	25	62,5	15,6	21,4	42	30	0,62	0,64	40	2,5
					20	25	4,55	4,7	25	62,5	15,6	21,4	52	38	0,77	0,81	50	2,4
					25	25	5,68	5,88	25	62,5	15,6	21,4	65	47	0,97	1	55	2,3
					32	25	7,28	7,52	25	62,5	15,6	21,4	83	60	1,2	1,3	70	2,2
					40	25	9,1	9,4	25	62,5	15,6	21,4	104	75	1,5	1,6	80	2,1
					50	25	11,4	11,7	25	62,5	15,6	21,4	130	94	1,9	2	100	2,1
					63	25	14,3	14,8	25	62,5	15,6	21,4	163	118	2,4	2,5	120	2,0
Ш-26	78	65	52	13	26	26	6,2	6,4	13	39	5,07	14,5	68	49	0,7	0,72	25	3,2
УШ-26	94	81	64	17	26	26	6,2	6,4	17	47	8	14,7	68	49	1,05	1,1	40	2,8
					39	26	9,3	9,6	17	47	8	14,7	102	73	1,5	1,55	55	2,7
					52	26	12,4	12,8	17	47	8	14,7	136	98	2,1	2,2	75	2,6

Продолжение табл. 12-18

Тип	Габаритные размеры пластин и сердечников					Ширина среднего стержня l, *мм*	Полезное сечение сердечника $Q_с$, *см²*		Размеры окна			Средняя длина магнитной силовой линии $l_м$, *см*	Необходимое количество пластин каждого типа для сборки сердечника		Вес сердечника, *кг*		Габаритная мощность трансформатора $P_Т$, *ва*	Плотность тока в обмотках Δ, *а/мм²*
	L, *мм*	H, *мм*	H_1, *мм*	h, *мм*	B, *мм*		из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*	l_0, *мм*	h_0, *мм*	Q_0, *см²*		толщиной 0,35 *мм*	толщиной 0,5 *мм*	из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*		
Ш-28	84	70	56	14	28	28	7,1	7,3	14	42	5,88	15,6	73	53	1	1,1	40	3,1
					42	28	10,8	11,1	14	42	5,88	15,6	110	79	1,5	1,6	55	2,8
УШ-30	106	91	72	19	30	30	8,2	8,5	19	53	10	16,9	78	57	1,6	1,65	60	2,7
					45	30	12,3	12,7	19	53	10	16,9	117	85	2,4	2,45	85	2,6
					60	30	19,4	17	19	53	10	16,9	154	113	3,2	3,3	110	2,5
Ш-32	128	80	64	16	20	32	5,82	6,02	32	48	15,3	21	52	38	0,99	1,02	60	2,4
					25	32	7,28	7,52	32	48	15,3	21	65	47	1,2	1,3	70	2,4
					32	32	9,32	9,63	32	48	15,3	21	83	60	1,5	1,6	80	2,3
					40	32	11,7	12,0	32	48	15,3	21	104	75	1,9	2	100	2,2
					50	32	14,5	15,0	32	48	15,3	21	130	94	2,4	2,5	120	2,0
					63	32	18,3	19,0	32	48	15,3	21	163	118	3,1	3,2	160	1,9
					80	32	23,3	24,0	32	48	15,3	21	208	150	3,9	4,1	180	1,8

Продолжение табл. 12-18

Тип	Габаритные размеры пластин и сердечников: L, *мм*	H, *мм*	H_1, *мм*	h, *мм*	B, *мм*	Ширина среднего стержня l, *мм*	Полезное сечение сердечника Q_c, *см²*: из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*	Размеры окна: l_0, *мм*	h_0, *мм*	Q_0, *см²*	Средняя длина магнитной силовой линии $l_м$, *см*	Необходимое количество пластин каждого типа для сборки сердечника: толщиной 0,35 *мм*	толщиной 0,5 *мм*	Вес сердечника, *кг*: из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*	Габаритная мощность трансформатора P_T, *ва*	Плотность тока в обмотках Δ, *а/мм²*
Ш-32	128	112	96	16	20	32	5,82	6,02	32	80	25,6	27,4	52	38	1,27	1,32	90	2,2
					25	32	7,28	7,52	32	80	25,6	27,4	65	47	1,58	1,64	110	2,1
					32	32	9,32	9,63	32	80	25,6	27,4	83	60	2,02	2,09	140	2,1
					40	32	11,6	12,0	32	80	25,6	27,4	104	75	2,53	4,61	170	2,0
					50	32	14,0	15,0	32	80	25,6	27,4	130	94	3,17	3,27	200	1,9
					63	32	18,3	18,9	32	80	25,6	27,4	163	118	4	4,1	240	1,9
					80	32	23,3	24,2	32	80	25,6	27,4	208	150	5	5,2	300	1,8
Шпр-34	102	102	—	17	35	34	10,9	11,2	17	68	11,5	22,3	91	64	1,9	2	90	2,4
					52	34	16,4	15,3	17	68	11,5	22,3	136	98	2,9	3	140	2,2
Ш-35	130	105	87,5	17,5	35	35	11,2	11,6	30	70	21	25,5	91	66	2,3	2,4	180	1,9
				17,5	45	35	14,4	14,8	30	70	21	25,5	118	85	3,0	3,1	220	1,7
УШ-35	123	105,5	83,5	22	35	35	11,2	11,6	22	61,5	13,5	19,8	91	64	2,7	2,9	120	2,5
					52	35	16,8	17,2	22	61,5	13,5	19,8	136	98	4,1	4,4	170	2,4
					70	35	22,4	23,2	22	61,5	13,5	19,8	182	128	5,4	5,8	220	2,3

Продолжение табл. 12-18

Тип	Габаритные размеры пластин и сердечников					Ширина среднего стержня l, *мм*	Полезное сечение сердечника $Q_с$, *см²*		Размеры окна			Средняя длина магнитной силовой линии $l_м$, *см*	Необходимое количество пластин каждого типа для сборки сердечника		Вес сердечника, *кг*		Габаритная мощность трансформатора P_T, *ва*	Плотность тока в обмотках Δ, *а/мм²*
	L, *мм*	H, *мм*	H_1, *мм*	h, *мм*	B, *мм*		из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*	l_0, *мм*	h_0, *мм*	Q_0, *см²*		толщиной 0,35 *мм*	толщиной 0,5 *мм*	из пластин толщиной 0,35 *мм*	из пластин толщиной 0,5 *мм*		
Ш-40	150	120	100	20	40	40	14,5	15	35	80	28	29,3	104	75	3,6	3,7	270	1,6
	160	100	80	20	25	40	9,1	9,4	40	60	24	26,3	65	47	1,9	2	130	2,1
					32	40	11,6	12	40	60	24	26,3	83	60	2,4	2,5	160	2,0
					40	40	14,5	15	40	60	24	26,3	104	75	3,1	3,2	200	2,0
					50	40	18,2	18,8	40	60	24	26,3	130	94	3,8	4	240	1,9
					63	40	22,9	23,6	40	60	24	26,3	163	118	4,8	5	280	1,8
					80	40	29,1	30	40	60	24	26,3	208	150	6,2	6,4	340	1,8
					100	40	36,4	37,6	40	60	24	26,3	260	188	7,7	8	400	1,7
	160	140	120	20	25	40	9,1	9,4	40	100	40	34,3	65	47	2,5	2,6	200	1,9
					32	40	11,6	12	40	100	40	34,3	83	60	3,2	3,3	250	1,9
					40	40	14,5	15	40	100	40	34,3	104	75	4	4,1	300	1,8
					50	40	18,2	18,8	40	100	40	34,3	130	94	5	5,1	350	1,8
					63	40	22,9	23,6	40	100	40	34,3	163	118	6,2	6,4	430	1,7
					80	40	29,1	30	40	100	40	34,3	208	150	8	8,2	530	1,6
					100	40	36,4	37,6	40	100	40	34,3	260	188	10	10,2	650	1,5
УШ-40	144	124	98	26	40	40	14,5	15	26	72	18,7	26,4	104	75	4	4,1	230	2,6
					60	40	21,7	22,5	26	72	18,7	26,4	156	112	6	6,1	350	2,5
					80	40	29	30	26	72	18,7	26,4	208	150	7,9	8,1	420	2,4

12-5. КАРБОНИЛЬНЫЕ И ФЕРРИТОВЫЕ СЕРДЕЧНИКИ ДЛЯ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ

Цилиндрические сердечники с резьбой

Карбонильные сердечники с винтовой резьбой (рис. 12-15,*а*), используемые в качестве подстроечников катушек индуктивности, изготовляются следующих размеров:

Тип	Резьба	Длина *l*, *мм*
СЦР-1	1М6 × 0,75	10
СЦР-2	1М6 × 0,75	19
СЦР-3	1М7 × 0,75	10
СЦР-4	1М7 × 0,75	19
СЦР-5	1М8 × 0,75	10
СЦР-6	1М8 × 0,75	19
СЦР-7	1М9 × 0,75	10
СЦР-8	1М9 × 0,75	19

Сердечники СЦР длиной 10 *мм* на частоте 15 *Мгц* обладают эффективной магнитной проницаемостью 1,6—1,92 и сердечники длиной 19 *мм* — эффективной магнитной проницаемостью 1,7—2,04. Эффективная магнитная проницаемость показывает, во сколько раз увеличивается индуктивность эталонной катушки длиной около 9 *мм* с внутренним диаметром, равным диаметру сердечника при полном введении его в катушку.

Цилиндрические сердечники с гладкой поверхностью и трубчатые

Карбонильные цилиндрические сердечники сплошного сечения с гладкой поверхностью СЦГ (рис. 12-15,*б*) и трубчатые СЦТ (рис. 12-15,*в*) имеют внешний диаметр 9,3 *мм*; внутренний диаметр сердечников СЦТ около 3,2 *мм*. Длина сердечников СЦГ-1 и СЦТ-1 — 10 *мм*, а сердечников СЦГ-2 и СЦТ-2 — 19 *мм*.

На частоте 6 *Мгц* эффективная магнитная проницаемость сердечников СЦГ-1 и СЦТ-1 лежит в пределах 2,0—2,4, а сердечников СЦГ-2 и СЦТ-2 — в пределах 2,2—2,65.

Цилиндрические гладкие сердечники сплошного сечения из никель-цинковых ферритов (рис. 12-15,*б*) изготовляются следующих размеров:

Диаметр *d*, *мм*	Длина *l*, *мм*
Из феррита марки Ф-100	
2,74	12 или 14
2,86	12 или 14
Из феррита марки Ф-400	
17	14,5
Из феррита марки Ф-600 и Ф-1000	
2,74	12 или 14
2,86	12; 14 или 18,5
3,5	13; 20 или 30
7,6; 8,0 или 8,4	140
7,6; 8,0 или 8,4	160
8,4	80
9,8	40,5

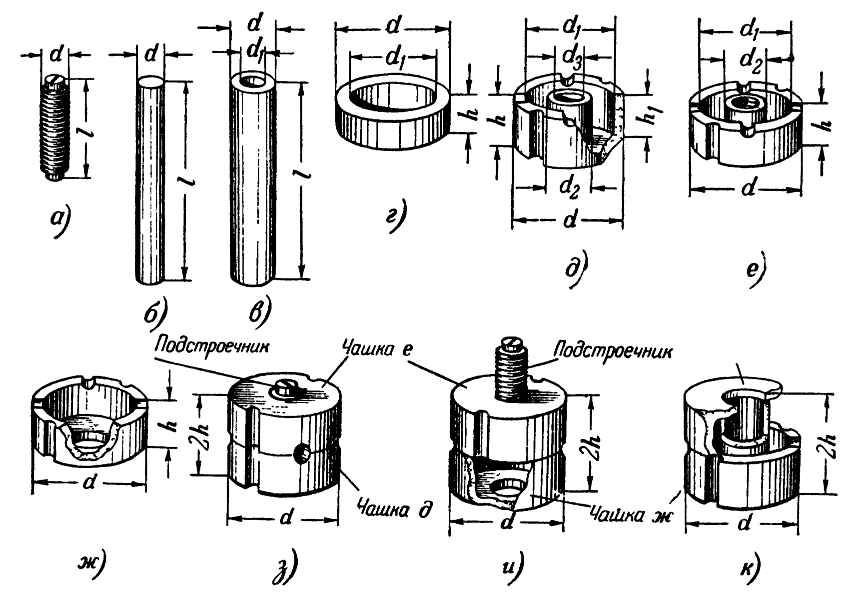


Рис. 12-15. Карбонильные и ферритовые магнитные сердечники.

а — цилиндрический сердечник с резьбой (подстроечник), карбонильный; *б* — цилиндрический сердечник сплошного сечения гладкий, карбонильный или ферритовый; *в* — трубчатый сердечник, карбонильный или ферритовый; *г* — кольцевой сердечник, ферритовый; *д* — чашка для сборки броневого замкнутого сердечника, карбонильного или ферритового, *е* — чашка для сборки броневого сердечника с резьбой для ввертывания подстроечника, карбонильная; *ж* — чашка для сборки броневого незамкнутого сердечника, карбонильная; *з* — броневой замкнутый карбонильный сердечник СБ-а из двух чашек с подстроечником; *и* — броневой незамкнутый карбонильный сердечник СБ-б из двух чашек с подстроечником; *к* — броневой ферритовый замкнутый сердечник СБ-Н из двух чашек.

Броневой карбонильный сердечник СБМ собирают из чашек *д* и *е*, в стенках которых имеются только по две канавки для вывода проводов, нет наружных вертикальных пазов и подстроечника. Чашки *з* для броневого ферритового сердечника диаметром 12 *мм* тоже не имеют пазов и имеют по две канавки для вывода проводов.

Ферритовые стержневые сердечники длиной 140 и 160 *мм* применяют в магнитных антеннах.

Трубчатые сердечники из никель-цинковых ферритов (рис. 12-15,*в*) изготовляются следующих размеров:

Внешний диаметр d, *мм*	Внутренний диаметр d_1, *мм*	Длина l, *мм*
Из феррита марки Ф-600		
2,75	0,75	12
3,5	0,9	13
Из феррита марки Ф-1000		
6	2	32
16	8	57

Число, входящее в марку феррита, указывает среднюю величину его начальной магнитной проницаемости, измеренной для ферритов марки Ф-100 на частоте 400 *кгц*, для ферритов марки Ф-600 и марки Ф-1000 — на частоте 150 *кгц*.

Граничные частоты для ферритов марки Ф-100 — 15 *Мгц*, марки Ф-600 — 1,5 *Мгц* и марки Ф-1000 — 1 *Мгц*.

Кольцевые сердечники

Кольцевые сердечники (рис. 12-15,*г*) из никель-цинковых ферритов выпускаются следующих размеров:

Наружный диаметр d, *мм*	Внутренний диаметр d_1, *мм*	Высота l, *мм*
7,0	4,0	2,0
8,7	3,41 или 3,52	2,3
9,0	5,0	2,5
10,0	6,0	5,0
12,0	5,0	5,0
13,0	5,5	5,0
17,5	8,0	5,0
20,5	11,0	5,0
22,0	10,0	6,5
25,0	12,5	7,0
28,0	14,0	7,0
31,0	18,0	7,0
32,0	20,0 или 22,0	6,5
35,0	27,5	19,0
38,0	24,0	7,0
41,0	26,0	7,0
46,0	36,0	16,5
56,5	34,0	12,0
62,0	50,0	6,0
65,5	41,0	14,0
70,0	50,0	10,0
100,0	60,0	15,0
120,0	80,0	10,0

Броневые сердечники

Броневые карбонильные сердечники СБ собирают из двух чашек разного вида (рис. 12-15, *д* — *ж*) и подстроечника (рис. 12-15,*а*). Замкнутые сердечники (рис. 12-15,*з*) в зависимости от их размера носят название СБМ, СБ1а — СБ5а, а незамкнутые (рис. 12-15,*и*) называются СБ1б и СБ2б (см. табл. 12-13). Броневые сердечники из никель-цинковых ферритов (рис. 12-15,*к*) имеют такие же габариты, как и сердечники СБМ, СБ1а, СБ3а — СБ5а. Они собираются из двух одинаковых чашек (рис. 12-15,*д*). Подстроечников ферритовые сердечники не имеют.

Таблица 12-19

Карбонильные броневые сердечники с подстроечниками

Тип сердечника	Размеры чашек и собранных сердечников, *мм*					Высота собранного сердечника без подстроечника $2h$, *мм*	Размеры подстроечника, *мм*		Эффективная магнитная проницаемость сердечника в отсутствие подстроечника	
	Внешний диаметр d	Внутренний диаметр d_1	Диаметр d_2	Высота чашки h	Глубина чашки h_1		Резьба	Длина, *мм*	СБМ, СБ-а	СБ-б
СБМ	9,6	7,5	4,6	3,6	2,1	7,2	М3 × 0,5	8,0	1,7—2,4	—
СБ1а, СБ1б	12,3	10,0	6,0	5,5	4,1	11	М4 × 0,7	11,5	3,2—3,85	1,8—2,2
СБ2а, СБ2б	23,0	18,5	10,0	5,5	3,1	11	1М7 × 0,75	13,0	3,0—3,6	2,0—2,4
СБ3а	23,0	18,0	11,0	8,5	6,0	17,0	1М7 × 0,75	19,0	3,5—4,3	—
СБ4а	28,0	22,0	13,0	11,5	8,5	23,0	1М8 × 1	25,0	3,9—4,7	—
СБ5а	34,0	27,0	13,5	14,0	11,4	28,0	1М8 × 1	30,0	3,6—4,5	—

Примечание. При полностью ввинченном подстроечнике эффективная магнитная проницаемость увеличивается не менее чем на 13%.

12-6. САМОДЕЛЬНЫЕ КОНТУРНЫЕ КАТУШКИ ДЛЯ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Контурные катушки являются наиболее ответственными деталями приемника, так как от качества их изготовления зависят такие параметры, как чувствительность, избирательность, полоса пропускания. Поэтому при изготовлении катушек следует точно выполнять все указания и рекомендации, приводимые в описаниях, по которым делают катушки.

Приводимые ниже типовые конструкции контурных катушек рассчитаны на использование блока конденсаторов (или одиночного конденсатора) с начальной емкостью 17—20 *пф* и конечной 470—510 *пф*.

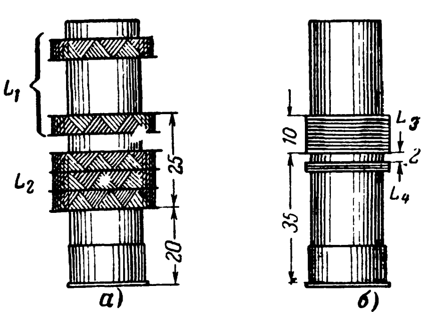


Рис. 12-16. Конструкции контурных катушек на охотничьих гильзах.

а — катушки СВ и ДВ диапазонов; *б* — катушки КВ диапазона.

L_1, L_3 — контурные катушки;

L_2, L_4 — антенные катушки или катушки обратной связи.

Контурные катушки и фильтры ПЧ рассчитаны для радиолюбительского приемника, имеющего следующие диапазоны: длинноволновый ДВ 750—2 000 *м* (400—150 *кгц*), средневолновый СВ 200—550 *м* (1 500—550 *кгц*), коротковолновый КВ 25—75 *м* (12—4 *Мгц*).

Катушки могут быть использованы в приемниках прямого усиления и в супергетеродинах.

В приемнике прямого усиления в усилителе ВЧ и в детекторе используются одинаковые контурные катушки. В усилителе ВЧ катушки анодной связи L_1 (рис. 3-9,*б*) имеют такие же данные, как антенные катушки соответствующего диапазона.

В детекторе с положительной обратной связью число витков катушки обратной связи (схемы рис. 3-16,*а*) должно составлять $^1/_{10}$—$^1/_{25}$ от числа витков соответствующей ей контурной катушки. Катушки обратной связи можно наматывать проводом диаметром 0,1—0,2 *мм* в любой изоляции. При использовании схем рис. 3-16,*б* и *в* отвод для обратной связи делается от $^1/_{10}$—$^1/_{25}$ части контурной катушки.

В примечаниях к данным гетеродинных катушек указано число витков, от которых делается отвод при выполнении гетеродина по схеме с автотрансформаторной обратной связью (рис. 3-10,*б*). Точное число витков катушек обратной связи в детекторе и в гетеродине подбирается опытным путем при налаживании приемника.

Катушки на охотничьих гильзах (рис. 12-16 и табл. 12-20). Для каркасов катушек можно использовать гильзы от охотничьих патронов 12-го и 16-го калибра, имеющие наружный диаметр 20 и 18 *мм*.

Катушки СВ и ДВ диапазонов наматывают внавал между щечками, расстояние между которыми равно 4 *мм*, высота щечек 5 *мм*. Каждая контурная катушка СВ и ДВ диапазонов состоит из 2 секций, причем одна секция делается подвижной для возможности плавного изменения индуктивности катушки (рис. 12-16,*а*). Щечки подвижной секции приклеивают

не к гильзе, а к бумажному кольцу, которое может перемещаться по гильзе.

Катушки КВ диапазона наматывают в один слой.

Таблица 12-20

Катушки на охотничьих гильзах

Назначение катушки	Индуктивность, *мкгн*	Число витков	Марка и диаметр провода		Примечания
			ПЭЛШО	ПЭВ	
Антенная длинных волн	10 000	3×300	0,1	0,15	
Контурная длинных волн	2 200	2×150	0,15	0,2	
Антенная средних волн	1 000	3×100	0,1	0,15	
Контурная средних волн	200	2×45	0,25	0,3	
Антенная коротких волн	2,1	16	0,15	0,2	
Контурная коротких волн	1,4	8	—	0,8	
Гетеродинная длинных волн	270	2×70	0,15	0,2	Отвод от 14-го витка
Гетеродинная средних волн	95	2×35	0,25	0,3	Отвод от 12-го витка
Гетеродинная коротких волн	1,3	7,5	—	0,8	Отвод от 3-го витка
Катушка обратной связи гетеродина длинных волн	—	3×10	0,1	0,2	
Катушка обратной связи гетеродина средних волн	—	3×6	0,1	0,2	
Катушка обратной связи гетеродина коротких волн	—	5	0,1	0,2	
Антенный фильтр	240	2×75	0,15	0,2	

Катушки с карбонильными сердечниками типа СЦР (рис. 12-17 и табл. 12-21) выполняют на каркасах (рис. 12-17,*а*), выточенных из какого-либо изоляционного материала, например оргстекла, или склеенных из бумаги (рис. 12-17,*б*).

Для изготовления каркасов из бумаги нужно вырезать бумажную ленту шириной 35 *мм*, промазать ее столярным клеем или клеем БФ-2 и плотно намотать в несколько слоев на круглую болванку диаметром 9—11 *мм* до получения наружного диаметра 10—12 *мм*. Затем каркасы просушивают, снимают с болванки и их торцы и поверхность зачищают мелкой шкуркой.

С одной стороны каркаса на расстоянии 5 *мм* от его края прорезают два прямоугольных отверстия шириной 5 *мм*. Затем на это место в один

слой наматывают толстую нитку или резинку так, чтобы витки были расположены над прорезями. Эти витки будут выполнять роль нарезки для карбонильных сердечников (диаметром 7; 8 или 9 *мм* и длиной от 10 до 19 *мм*), при помощи которых настраиваются катушки. Готовые каркасы покрывают лаком и просушивают. Затем из прессшпана, текстолита или плотного картона толщиной 0,3—0,5 *мм* вырезают щечки (рис. 12-17,*в*). Внутренние отверстия в щечках нужно сделать такими, чтобы они плотно надевались на каркасы. Щечки приклеиваются к каркасу лаком.

Таблица 12-21

Катушки с карбонильными сердечниками типа СЦР

Назначение катушки	Индуктивность, *мкгн*	Число витков	Марка и диаметр провода		Примечания
			ПЭЛШО	ПЭВ	
Антенная ДВ	10 000	3×350	—	0,1	
Контурная ДВ	2 200	3×150	0,1	0,15	
Антенная СВ	1 000	3×120	—	0,1	
Контурная СВ	200	3×40	0,2	0,27	
Антенная КВ	2,1	20	0,1	0,15	
Контурная КВ	1,4	13	—	0,6	
Гетеродинная ДВ	270	3×60	0,2	0,3	Отвод от 20-го витка
Гетеродинная СВ	95	2×45	0,2	0,3	» » 15-го »
Гетеродинная КВ	1,3	12	0,2	0,3	» » 4-го »
Катушка обратной связи гетеродина ДВ	—	55	0,1	0,15	
Катушка обратной связи гетеродина СВ	—	28	0,1	0,15	
Катушка обратной связи гетеродина КВ	—	5	0,1	0,15	
Антенный фильтр	240	3×35	0,1	0,2	
Фильтр ПЧ с конденсатором $C_ф$ различной емкости	1 000	300	0,1	0,15	$C_ф$=120 *пф*
	600	225	0,15	0,2	$C_ф$=200 *пф*
	240	150	0,2	0,3	$C_ф$=510 *пф*

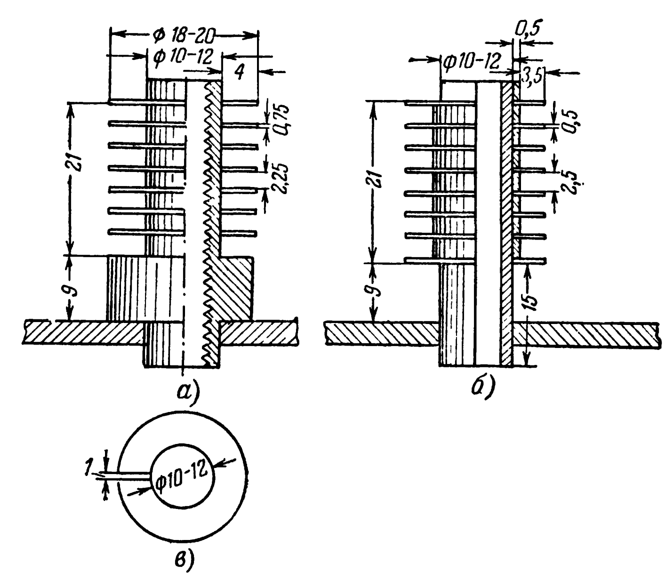


Рис. 12-17. Каркасы для катушек с карбонильными сердечниками типа СЦР.

а — точеный каркас из оргстекла; *б* — картонный клееный каркас; *в* — щечка картонного каркаса.

Катушки КВ диапазона наматываются без щечек. Контурные катушки наматываются в трех секциях. В верхних трех секциях наматываются катушки связи.

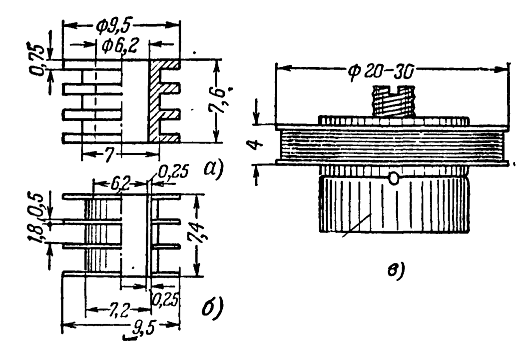


Рис. 12-18. Каркасы катушек в броневых сердечниках.

а — каркас из полистирола или оргстекла; *б* — каркас из картона или целлулоида; *в* — устройство катушки связи.

Катушки с броневыми карбонильными сердечниками (рис. 12-18 и табл. 12-22). Контурные, гетеродинные катушки диапазонов СВ и ДВ, а также катушки фильтров ПЧ наматывают на каркасах (рис. 12-18,*а* и *б*), которые располагают внутри сердечников типа СБ-1а (рис. 18-15,*з*).

Таблица 12-22

Катушки с броневыми карбонильными сердечниками

Назначение катушки	Индуктивность, *мкгн*	Число витков	Марка и диаметр провода		Примечания
			ПЭЛШО	ПЭВ	
Антенная длинных волн	10 000	600	0,1	0,15	
Контурная длинных волн	2 200	3×100	0,1	0,15	
Антенная средних волн	1 000	3×70	0,1	0,15	
Контурная средних волн	200	95	0,1	0,15	
Гетеродинная длинных волн	270	3×35	0,1	0,15	Отвод от 20-го витка
Гетеродинная средних волн	95	3×20	0,1	0,15	Отвод от 8-го витка
Катушка обратной связи гетеродина длинных волн	—	30	0,1	0,15	
Катушка обратной связи гетеродина средних волн	—	19	0,1	0,15	
Антенный фильтр	240	3×35	0,1	0,15	
Фильтр ПЧ при конденсаторе $C_ф$ емкостью:					
$C_ф$=120 *пф*	1 000	3×90	0,1	0,15	
$C_ф$=200 *пф*	600	3×55	0,1	0,15	
C =510 *пф*	240	3×35	0,1	0,15	

Антенные катушки и катушки обратной связи наматывают внавал между щечками (рис. 12-18,*в*), которые приклеивают непосредственно к одной половине сердечника. Перед намоткой катушку следует изолировать от сердечника одним слоем бумаги.

Катушки с ферритовыми сердечниками (рис. 12-19 и табл. 12-23). В любительских приемниках можно использовать каркасы от малогабаритных катушек с ферритовыми цилиндрическими подстроечниками от приемников с клавишными переключателями.

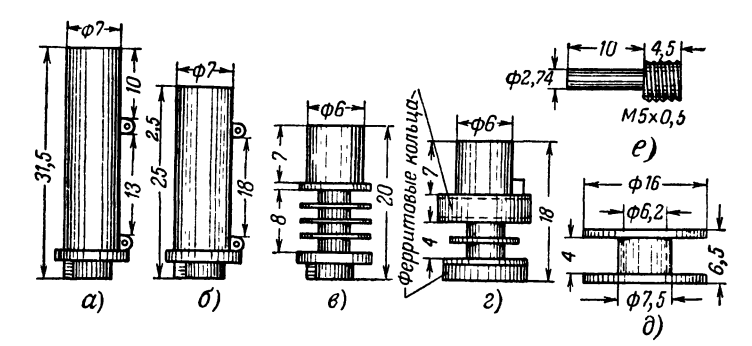


Рис. 12-19. Катушки с ферритовыми сердечниками.

а, б — каркасы для катушек КВ диапазона; *в* — каркас для катушек СВ и ДВ диапазонов; *г* — каркас для катушек фильтра ПЧ; *д* — каркас для катушек и связи; *е* — цилиндрический подстроечный сердечник с полистироловой резьбовой втулкой.

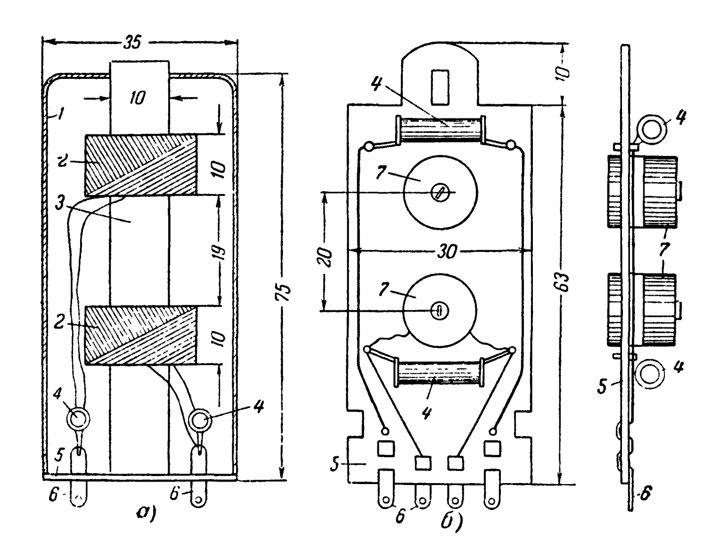


Рис. 12-20. Фильтры ПЧ.

а — с катушками с карбонильными сердечниками типа СЦР; *б* — с катушками в броневых сердечниках.

1 — экран; *2* — катушка; *3* — каркас катушки; *4* — конденсаторы $C_ф$; *5* — основание фильтра, *6* — выводной контакт; *7* — броневой сердечник.

Конструкции фильтров ПЧ с катушками с карбонильными сердечниками типа СЦР (рис. 12-20,*а* и табл. 12-20). Катушки фильтра имеют намотку типа универсаль, но могут быть намотаны внавал на каркасе между щечками из картона или какого-либо другого изоляционного материала толщиной 1—2 *мм*; внутренний диаметр щечек 10 *мм*, наружный — 20 *мм*. С помощью клея БФ-2 или скобками из латуни или жести толщиной 0,5—1 *мм* каркас крепится к основанию фильтра *5*. Экраны

Таблица 12-23

Катушки с ферритовыми сердечниками

Назначение катушки	Индуктивность, *мкгн*	Число витков	Марка и диаметр провода: ПЭЛШО	Марка и диаметр провода: ПЭВ	Примечания
Антенная длинных волн	10 000	1 200	—	0,1	
Контурная длинных волн	2 200	3×170	—	0,1	
Антенная средних волн	1 000	400	—	0,1	Расстояние между всеми контурными катушками и катушками связи КВ диапазона равно 5 *мм*
Контурная средних волн	200	3×45	0,1	0,15	
Антенная коротких волн	2,1	30	0,1	0,15	
Контурная коротких волн	1,4	15	0,44	0,44	
Гетеродинная длинных волн	270	3×65	0,1	0,15	Отвод от 12-го витка
Гетеродинная средних волн	95	3×33	0,1	0,15	Отвод от 10-го витка
Гетеродинная коротких волн	1,3	13,5	0,44	0,44	Отвод от 6-го витка
Катушка обратной связи гетеродина длинных волн	—	40	0,1	0,2	
Катушка обратной связи гетеродина средних волн	—	30	0,1	0,2	
Катушка обратной связи гетеродина коротких волн	—	12	0,1	0,2	
Антенный фильтр	240	35×4	—	0,1	
Фильтр ПЧ с конденсатором $C_ф$ различной емкости	1 000	2×100	—	0,1	$C_ф$=120 *пф*
	600	2×80	—	0,1	$C_ф$=200 *пф*
	240	2×50	0,1	0,1	$C_ф$=510 *пф*

можно использовать от заводского фильтра ПЧ или применить в качестве экранов корпусы электролитических конденсаторов. Подстройка фильтров ПЧ производится сердечниками СЦР-6, СЦР-7 или СЦР-8.

Фильтры ПЧ с катушками на броневых сердечниках (рис. 12-20,*б*, табл. 12-22). Броневые сердечники *2* с помощью клея БФ-2 закрепляются на гетинаксовой плате *3*, на которой закреплены также конденсаторы фильтра *1* и выводные контакты *4*. Фильтр ПЧ размещают в цилиндрическом, из немагнитного материала экране с внутренним диаметром не менее 30 *мм*.

Фильтр РЧ с ферритовыми кольцами (рис. 12-19,*г* и табл. 12-23) представляет собой две катушки, расположенные на гетинаксовой планке толщиной 1—2 *мм* на расстоянии 20 *мм* друг от друга. Крепление катушек осуществляется с помощью фигурного выступа на нижней части каркаса, который вставляется в фигурное отверстие на панели приемника или монтажной плате. Вместо фигурного отверстия можно сверлить круглое отверстие диаметром 5 *мм*.

РАЗДЕЛ ТРИНАДЦАТЫЙ

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

13-1. ДИЭЛЕКТРИКИ

Изоляционные материалы (диэлектрики) применяются для разделения друг от друга токопроводящих частей радиоаппаратуры, находящихся под различными электрическими потенциалами.

Качество диэлектриков определяется механической прочностью, теплостойкостью, химической стойкостью, гигроскопичностью, электрической прочностью (пробивным напряжением), диэлектрической проницаемостью, диэлектрическими потерями (см. § 1-4, 1-13, 1-16).

Минеральные диэлектрики

Слюда — минерал, способный расщепляться на тонкие и упругие листочки. Негигроскопична и теплостойка. Существует несколько сортов слюды, из которых в радиотехнике наибольшее применение имеет мусковит — прозрачный материал со стеклянным блеском, иногда с красноватым, зеленоватым или другим оттенком. Мусковит применяют в качестве диэлектрика в слюдяных конденсаторах, а также в качестве прокладок. Другой сорт слюды — флогопит — материал темного цвета, применяют главным образом в электронагревательных приборах.

Миканит изготовляют из слюды, листочки которой склеивают в несколько слоев масляно-битумным или шеллачным лаком. Вырабатывают в виде листов толщиной 0,1—10 *мм*. Существует несколько типов миканита: коллекторный, формовочный, прокладочный и гибкий (для междувитковой и пазовой изоляции электрических генераторов и электродвигателей). Формуется в нагретом состоянии. Миканит толщиной до 0,8 *мм* режут ножницами, поддерживая отрезаемую полоску, чтобы не образовались трещины. Более толстые листы миканита режут ножовкой, при этом желательно лист зажать между фанерными накладками.

Миканит применяют для изготовления изоляционных прокладок, шайб и т. п.

Асбест — минерал волокнистого строения. Из него изготавливают различные теплостойкие (до 400° С) изоляционные материалы: асбопряжи, асботкани, асболенты и асбошнуры. Гигроскопичен. Изделия из асбеста используют только при низких частотах и низких напряжениях.

Воскообразные материалы и смолы

Церезин — светлый материал, получаемый из горного воска—озокерита (продукт перерождения нефти). Имеет высокие электроизоляционные свойства и очень малую гигроскопичность. Растворим в бензине и толуоле. Церезин, нанесенный на какую-либо поверхность в расплавленном виде, при затвердевании образует на поверхности тонкую, эластичную и нерастрескивающуюся пленку. Применяется для пропитки катушек индуктивности с целью повышения их механической прочности и предохранения от влаги. Кроме того, церезин применяется как заливочная масса в конденсаторах некоторых типов и в трансформаторах.

Парафин — белое воскообразное вещество с кристаллическим строением, получаемое при перегонке нефти. Растворим в бензине, бензоле и минеральных маслах. Негигроскопичен. При нагревании до 55° С плавится. При застывании дает большую усадку. Применяется для пропитки изделий из картона и бумаги для защиты их от влаги. В частности, радиолюбители пропитывают парафином каркасы катушек силовых и НЧ трансформаторов и дросселей, а также ВЧ катушек индуктивности. Применять парафин для этих целей (особенно для пропитки каркасов ВЧ катушек) следует только в том случае, если нет других, более высококачественных пропиточных материалов. Пропитка парафином каркаса катушки индуктивности резонансного контура приводит к ухудшению его параметров.

Парафин применяется также для проварки в нем деревянных изделий с целью сделать их влагостойкими.

Канифоль — хрупкая смола от светло-желтого до темно-коричневого цвета, с раковистым изломом. Растворяется в минеральных и растительных маслах, спирте, скипидаре, ацетоне и уксусной кислоте. При нагревании до 50—85° С размягчается, а затем плавится. Применяется для изготовления лаков и в качестве флюса при пайке.

Шеллак — смола в виде коричневых чешуек. Хорошо растворяется в спирте и обладает большой клейкостью. При высыхании прочно склеивает слюду, дерево, бумагу. При нагревании до 80—90° С размягчается, а затем плавится. Применяется для изготовления лаков.

Волокнистые материалы

Бумага изоляционная выпускается следующих видов:

Конденсаторная (марки КОН-I и КОН-II) — используется в качестве диэлектрика в бумажных конденсаторах. Отличается большой плотностью и однородностью. Выпускается толщиной от 7 до 30 *мк*.

Кабельная (марки К-08, К-12 и К-17 — цифры указывают толщину в сотых долях миллиметра) — применяется для изоляции кабелей.

Телефонная (КТН — желтоватого цвета; КТК — красного; КТС — синего и КТЗ — зеленого) — применяется для изоляции жил телефонных кабелей и обмоточных проводов марок ПБ и ПББО. Толщина 0,05 *мм*.

Прокладочная — идет на изготовление листового гетинакса. Толщина от 0,09 до 0,13 *мм*.

Намоточная — предназначена для изготовления фасонных изделий: труб и цилиндров, каркасов катушек силовых трансформаторов и дросселей. Толщина 0,05 и 0,07 *мм*.

Оклеечная — применяется для оклейки листов электротехнической стали с целью уменьшения потерь на вихревые токи. Толщина 0,033 *мм*. Бумага гладкая только с одной стороны.

Кабельную, телефонную и конденсаторную бумагу можно использовать в качестве прокладок между слоями при намотке силовых, выходных, междуламповых трансформаторов и дросселей.

Электрокартон (прессшпан) выпускается следующих видов:

Электрокартон марки ЭВ, ЭВС и ЭВТ — плотный картон, применяемый в качестве изоляционного материала при работе в условиях повышенной влажности (на воздухе).

Электрокартон марки ЭМ — мягкий картон; может работать в масле.

Электрокартон марки ЭМТ (тряпичный картон) — высококачественный картон толщиной 0,1—3,5 *мм*. Может работать в масле.

Электрокартон толщиной 0,1—0,5 *мм* выпускают в рулонах, а толщиной до 3,5 *мм* — в листах.

Электрокартон применяется для изготовления различных изоляционных прокладок, каркасов обмоток силовых, выходных трансформаторов и дросселей, катушек индуктивности ДВ и СВ (иногда и КВ) диапазонов и трансформаторов промежуточной частоты.

Фибра изготовляется методом прессования из тонкой бумаги, пропитанной раствором хлористого цинка. Фибра марки ФЛАК (Фибра Листовая Авиационная Конструкционная) толщиной от 1 до 3 *мм* и марки ОФ (фибра техническая) толщиной от 0,6 до 25 *мм* выпускается в листах (досках). Кроме того, фибра выпускается в виде трубок и стержней круглого сечения. Бывает красная, черная и других цветов.

Обладает высокой механической прочностью, легко режется, пилится, строгается; при толщине до 6—8 *мм* штампуется, а при размачивании в горячей воде формуется. На фибровых стержнях можно нарезать резьбу. Очень гигроскопична. Ее влагостойкость может быть улучшена пропиткой в трансформаторном масле или парафине.

Применяется как конструкционный материал для изготовления небольших панелей, изоляционных стоек, втулок, шайб и других деталей.

Летероид — разновидность тонкой листовой фибры серого или темносерого цвета. Весьма гибкий и прочный материал. Применяется для изготовления различных изоляционных прокладок.

Лакоткани — хлопчатобумажные или шелковые ткани, пропитанные электроизоляционными лаками. Последние тоньше, а их электроизоляционные свойства лучше. Очень эластичны. Светлые лакоткани пропитаны масляными, а черные — масляно-битумными лаками. Последние обладают лучшими электроизоляционными свойствами. Светлые лакоткани выпускаются нескольких марок (ЛХ1, ЛХМ, ЛШ1, ЛШС и др.) толщиной от 0,04 до 0,3 *мм*, а черные лакоткани (марки ЛХЧ1 и ЛХЧ2) толщинами от 0,17 до 0,24 *мм*.

Применяются для междурядовой изоляции обмоток силовых, выходных, междуламповых трансформаторов и дросселей.

Стеклолакоткани получают пропиткой стеклянных тканей лаком на основе битума, а также кремнийорганическими или эскапоновыми лаками. Стеклолакоткани, пропитанные битумными лаками, подразделя-

ются на светлые и черные. Первые применяются в деталях, работающих при высоких температурах, вторые являются заменителями светлых шелковых или хлопчатобумажных лакотканей. Эскапоновые стеклолакоткани по своим свойствам близки к светлым стеклолакотканям. Кремнийорганические стеклолакоткани сохраняют свои свойства при температурах до 180° С.

Лакобумага изготовляется путем пропитки бумаги масляными лаками. Заменитель лакоткани. Обладает сходными с ней электроизоляционными свойствами, но значительно меньшей механической прочностью. Выпускается толщиной от 0,06 до 0,17 *мм*.

Линоксиновая трубка (кембриковая) представляет собой хлопчатобумажный чулок, пропитанный масляным лаком. Цвет от желтого до темно-коричневого. Внутренний диаметр от 1 до 6 *мм*. Применяются для изоляции монтажных проводов, выводов обмоток трансформаторов, дросселей, катушек индуктивности и других электрорадиодеталей и приборов.

Липкая лента предназначена для изоляции мест соединений проводов, выводов и т. п.

Монтерская прорезиненная лента имеет толщину 0,2—0,3 *мм* и ширину 10, 15 и 20 *мм*.

Смоляная лента, пропитанная битумом с добавлением нефтяного масла. Такую ленту применяют для утолщения изоляции проводов в местах вводов, для подвязки проводов, а также в качестве заменителя монтерской прорезиненной ленты.

Стеклолента изготовляется на основе стеклоткани путем пропитки ее кремнийорганическим лаком. Применяется в деталях, работающих при высокой температуре.

Полихлорвиниловая лента применяется для сращивания и ремонта проводов в полихлорвиниловой изоляции.

Древесина

Материалы из древесины бывают в виде досок толщиной не более 100 *мм*, брусков, шпона (тонкие листы толщиной от 0,25 до 1,5 *мм*) и фанеры, представляющей собой слоистый материал из трех или более слоев шпона, склеенных между собой.

Дерево применяют главным образом для изготовления ящиков, болванок и т. п. Радиолюбители изготавливают из дерева шасси приемников и отдельные детали радиоаппаратуры. Применению дерева в качестве электроизоляционного материала препятствует его большая гигроскопичность; сырое дерево имеет очень плохие электроизоляционные свойства. Для уменьшения гигроскопичности дерево сушат, а затем проваривают в канифоли, парафине, нагретом до 150—170° С, или покрывают электроизоляционным лаком.

Сосна и **ель** — имеют смолистую прямослойную древесину белого или розоватого цвета. Прочны, хорошо обрабатываются. Для гнутья их вымачивают в холодной воде в течение 6 *ч* или еще лучше в кипящей воде в течение 15—20 *мин*.

Липа — древесина мягкая, белого или желто-розового цвета. Хорошо обрабатывается и полируется.

Береза — плотная и крепкая древесина белого цвета.

Карельская береза красновато-желтого цвета с очень красивым рисунком. Хорошо обрабатывается, полируется и окрашивается, а также отделывается под ценные породы.

Ольха имеет окраску от белого до бурого цвета. Мягче березы. Легко обрабатывается, но плохо гнется. Хорошо полируется и отделывается под ценные породы.

Орех — древесина твердая, но хрупкая. Цвет от светло-серого до коричневого, с очень красивыми слоями. Прекрасно полируется и отделывается. Обычно не окрашивают.

Бук — древесина розовато-белого цвета. Легко обрабатывается. Гнется в распаренном виде. Хорошо полируется. Склонен к короблению и растрескиванию.

Дуб — очень прочная древесина светло-бурого цвета. Хорошо окрашивается морилкой от светлого до коричнево-черного оттенка. Обычно лакируют или покрывают воском.

Пластмассы

Гетинакс — слоистый пластик, изготовляемый путем прессования бумаги, пропитанной бакелитовым лаком. Выпускается в виде листов и плит толщиной от 0,5 до 50 *мм*. Цвет от светло-коричневого до темно-коричневого. Поверхность гладкая. Прочен и хорошо обрабатывается.

Гетинакс А — с повышенной электрической прочностью, пригодный для работы в горячем трансформаторном масле.

Гетинакс Б — имеет повышенную механическую прочность.

Гетинакс В — отличается наилучшими электроизоляционными свойствами при работе на высокой частоте.

Гетинакс Г — предназначен для работы в деталях в условиях повышенной влажности.

Гетинакс **ГФ-1** и **ГФ-2** — фольгированный гетинакс (обклеен медной фольгой, **ГФ-1** с одной стороны, **ГФ-2** с двух сторон). Применяется в печатном монтаже (см. стр. 592).

Электрическая прочность гетинакса вдоль волокон значительно меньше, чем поперек; это надо учитывать при изготовлении деталей из гетинакса. Применяется для изготовления каркасов катушек силовых и низкочастотных трансформаторов и дросселей, расшивочных панелей, переходных колодок для НЧ цепей, а при отсутствии лучшего материала — и для изготовления каркасов катушек индуктивности резонансных контуров. Торцы деталей из гетинакса рекомендуется покрывать бакелитовым лаком для предохранения от проникновения влаги.

Текстолит — слоистый пластик, изготовляется путем прессования хлопчатобумажной ткани, пропитанной бакелитовым лаком. Выпускается в листах и плитах толщиной от 0,5 до 60 *мм*. Прочен и хорошо механически обрабатывается. Текстолит марки А имеет повышенные электроизоляционные свойства, а текстолит марки Б — повышенные механические свойства.

Применение то же, что у гетинакса. Кроме того, применяется для изготовления деталей, работающих на истирание (например, детали переключателей), а также для изготовления подшипников и бесшумных шестерен.

Стеклотекстолит — текстолит, изготовленный на основе стеклоткани и поэтому отличающийся высокой теплостойкостью, влагостойкостью, механической прочностью и лучшими электроизоляционными свойствами. Выпускается в листах толщиной от 0,5 до 15 *мм*. Применяется в деталях, работающих при повышенной температуре (до 185—200° С).

Эбонит — твердый вулканизированный каучук с большим содержанием серы. Выпускается в листах толщиной от 0,5 до 32 *мм*, стержнях диаметром 5—75 *мм* и трубках внутренним диаметром 2,8—50 *мм*. Черного цвета, но под действием света желтеет. Восстановить черный цвет можно промывкой в нашатырном спирте, а затем в воде. Хорошо поддается механической обработке. Теплостоек до температуры 50—80° С. Детали из эбонита могут работать в условиях повышенной влажности.

Применяется редко и главным образом для изготовления панелей, ручек настройки и т. п. Детали из эбонита не должны подвергаться нагреву.

Микалекс — твердый материал темно- или светло-серого цвета, получаемый путем горячего прессования смеси порошкообразной слюды и тонко размолотого легкоплавкого стекла. Теплостоек. Применяется в деталях, работающих при высокой температуре (до 350° С).

Плексиглас (органическое стекло) выпускается в виде листов толщиной от 2 до 30 *мм*. Обладает высокой прочностью и хорошо обрабатывается механически и методом пластической деформации (при кипячении в воде с последующим медленным охлаждением во избежание растрескивания). Сохраняет приданную форму при нагревании до 60° С.

Плексиглас хорошо склеивается смесью 50% ацетона и 50% этилацетата, в которой растворено 0,5—1,0% опилок плексигласа. Место склея можно сделать невидимым, если хорошо пригнать склеиваемые поверхности и подогреть их до 40° С.

Применяется для изготовления шкал, прозрачных экранов и как декоративный материал.

Полихлорвинил (винипласт) — эластичная пластмасса различных цветов. Обладает высокой прочностью и химической стойкостью. При нагревании до 65° С размягчается. Хорошо поддается механической обработке, прессованию, штамповке и формовке при подогреве до 85° С. Применяется главным образом для изоляции проводов и изготовления изоляционных прокладок.

Полихлорвиниловые трубки различных цветов предназначены для тех же целей, что и линоксиновые трубки.

Фторопласт-4 — белая пластмасса в виде пластин, брусков, стержней и пленки. Пригоден для работы при температуре до 250° С. Очень кислотоупорен. Применяется для изготовления оболочек высокочастотных кабелей, каркасов катушек и деталей, работающих при повышенной температуре или в химически активной среде. При нагревании до температуры выше 400° С фторопласт-4 начинает разлагаться, выделяя весьма ядовитый и химически активный газ фтор.

Полиэтилен — желтовато-белая эластичная пластмасса. Детали из него изготовляются методом литья под давлением и вытяжки. При нагревании до 110—130° С размягчается. Очень кислотоупорен. Применяется для изготовления каркасов катушек индуктивности резонансных контуров ВЧ дросселей и изоляции ВЧ кабелей.

Полистирол выпускается в виде листов и пленок. Листовой полистирол по внешнему виду напоминает чуть желтоватое обычно мало прозрачное органическое стекло; пленка (стирофлекс) бесцветна и прозрачна. Хрупок, склонен к саморастрескиванию. Хорошо поддается механической обработке. При нагревании от 80 до 150° С переходит в пластичное состояние, в котором хорошо прессуется. Применяется для изготовления каркасов катушек индуктивности, ламповых панелей, высокочастотных

монтажных планок. В виде пленки используется в качестве конденсаторного диэлектрика и для прокладок. Кроме того, применяется для изготовления высокочастотных лаков.

Полидихлорстирол — прозрачная пластмасса. Выдерживает кипячение в воде. Температура плавления 120° С. Хорошо поддается механической обработке. Применение то же, что у полистирола.

Керамика

Слово «керамика» происходит от древнегреческого слова «керамос» — горшечная глина. Керамикой, керамическими материалами, керамическими изделиями в обиходе называют материалы и изделия, изготовляемые путем обжига (спекания) мелко измельченной минеральной массы, основной составной частью которой является глина. В технике термин «керамика» применяют ко многим материалам, изготовляемым таким же способом и имеющим подобную же структуру, хотя во многие из них глина вовсе не входит или составляет небольшую часть исходного материала.

Низкочастотная керамика. К ней относится электрофарфор, из которого изготовляются изоляторы, проходные изоляционные втулки, ролики, основания выключателей и других электродеталей.

Особое место среди низкочастотной керамики занимает сегнетокерамика, обладающая рядом специфических свойств: когда пластинку из сегнетокерамики подвергают механической деформации, на ее поверхности возникают электрические заряды. Это так называемый прямой пьезоэлектрический эффект. На этом явлении основано действие пьезоэлектрических граммофонных звукоснимателей (см. § 7-4). Если же пластинку из сегнетокерамики поместить в электрическое поле, она деформируется. Это явление называется обратным пьезоэлектрическим эффектом. Оно используется в пьезоэлектрических телефонах и громкоговорителях. Диэлектрическая проницаемость сегнетокерамики очень велика (у некоторых видов сегнетокерамики достигает нескольких тысяч) и сильно изменяется при изменениях температуры, а также при изменении напряженности электрического поля, в котором она находится. Сегнетокерамика применяется для изготовления блокировочных и переходных конденсаторов (см. § 12-1).

Высокочастотная керамика. Из нее изготовляют конденсаторы, платы переключателей, ламповые панели, установочные детали и т. п. К высокочастотной керамике относятся радиофарфор, радиостеатит, термоконд, тиконд и др.

Керамика последних двух видов применяется для изготовления конденсаторов для высокочастотных цепей (см. § 12-1).

Керамика не поддается обработке слесарными инструментами.

Электроизоляционные лаки и эмали

Лаками называют коллоидные растворы пленкообразующих веществ в летучих растворителях. Подразделяются на покровные, пропиточные и клеящие.

Покровные лаки наносят на изделие для получения влагостойкого, механически прочного электроизолирующего покрытия, а также для защиты поверхности изделия от коррозии, пыли и придания ему красивого внешнего вида.

Пропиточные лаки служат для пропитки влагопроницаемых материалов (бумаги, картон, ткань, дерево и т. п.). Это улучшает изоляционные свойства изделия, повышает его теплостойкость. Пропитка катушек индуктивности повышает механическую прочность их обмоток.

Клеящие лаки применяют для склейки изоляционных изделий.

Эмалями называют окрашенные лаки, имеющие повышенную механическую прочность.

Асфальтовый лак № 460 — покровный для аппаратуры, влагостойкий. Состоит из смеси льняного масла — 27% [1], битума — 31%, канифоли — 0,9% и сиккатива — 0,1%. Растворитель — скипидар — 5%, ксилол — 36%. Сушка 10 *ч* в печи при 100 — 110° С.

Масляный лак № 320 — покровный термостойкий, для катушек силовых и низкочастотных трансформаторов и дросселей. Состоит из смеси льняного масла — 59%, канифоли — 9%. Растворитель скипидар — 32%. Сушка 12—15 *мин* в печи при температуре 210° С.

Масляный лак № 804 — термостойкий, для пропитки катушек силовых и НЧ трансформаторов и дросселей. Состоит из льняного масла — 35% и растворителя (бензин, уайт-спирит) — 65%. Сушка 2—3 *ч* в печи при температуре 105° С.

Глифтале-масляный лак № 1154 — термостойкий, для пропитки катушек силовых и НЧ трансформаторов и дросселей, а также дерева. Состоит из смеси глифталевой смолы и льняного масла — 30% и растворителя (толуол — 35% и спирт этиловый — 35%). Сушка 2—4 *ч* в печи при 105° С.

Глифтале-масляный лак № 1230 — термостойкий, для пропитки катушек силовых и НЧ трансформаторов и дросселей, а также дерева. Состоит из смеси глифталевой смолы и льняного масла — 40%. Растворитель — бензин или уайт-спирит — 60%. Сушка в печи 3 *ч* при 105° С.

Бакелитовый лак № 861 — термостойкий, для пропитки обмоток и каркасов трансформаторов и дросселей. Состоит из бакелитовой смолы — 30% и спирта-сырца или денатурата — 70%. Сушка 5—6 *ч* в печи при 110° С.

Шеллачный лак — для склейки и пропитки каркасов НЧ катушек и отделки дерева. Состоит из шеллака — 58% и спирта этилового — 42%. Сушка 1 *ч* при комнатной температуре.

Нитроцеллюлозный лак — нетермостойкий, для покрытия металлических и деревянных деталей. Состоит из нитроцеллюлозы — 15—40% и смеси ацетона, амилацетата и этилацетата — 60—85%. Сушка 12—15 *мин* при комнатной температуре.

Полистирольный лак — для пропитки ВЧ катушек, их каркасов и склейки деталей из полистирола. Состоит из полистирольной смолы — 20%, растворенной в бензоле и ксилоле — 80% (или четыреххлористом углероде). Сушка 3—4 *ч* при комнатной температуре.

Эпоксидные лаки — термостойкие, покровные и пропиточные для катушек НЧ трансформаторов и дросселей. Весьма стойки к действию влаги и химических веществ. Состоят из эпоксидной смолы ЭД-5 — 100% и маленнового ангидрида — 6—20%. После смешения компонентов лак годен к употреблению в течение 1 *ч*. Сушка при комнатной температуре.

Эпоксидные лаки надежно склеивают дерево, ткани и даже металлы.

---

[1] Общего веса.

Кремнийорганические лаки К-44, К-48, ЭФ-3, ЭФ-5, К-14, К-47 и др. — растворы кремнийорганических полисилоксановых смол в толуоле, бензино-скипидарной смеси или другом растворителе. Сушка 1—2 *ч* в печи при 180—200° С. Применяются для пропитки и покрытия обмоток низкочастотных катушек и деталей, работающих в условиях повышенной влажности или при высокой температуре до 200° С.

Эмаль серая СВД — для покрытия и пропитки НЧ катушек. Состоит из глифтале-масляного лака № 1230 — 50% и литопона и пиролюзита — 18%. В качестве растворителя используется смесь толуола и уайт-спирита. Сушка 16 *ч* при комнатной температуре.

Эмаль красная Л2464 — для окраски токоведущих частей электротехнической аппаратуры, мест пайки и т. п. Состоит из смеси глифтале-масляного лака и нитроцеллюлозного лака и пигмента (сурика) — 4—5%. Растворитель — смесь толуола и бутилацетата. Сушка 3 *ч* при комнатной температуре.

13-2. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПРОВОДНИКИ

Проводники с малым удельным сопротивлением

Сталь — железо с примесью углерода до 1,7%.

Мягкая сталь (марки 10, 15, 20 и 25) содержит до 0,3% углерода. Хорошо сваривается и спаивается, но не закаливается. Обладает пластичностью и вязкостью. Из этой стали изготовляют болты, гайки и шайбы, скобы крепления, шасси, экраны и другие изделия.

Сталь средней твердости (марки 30, 34 и 40) содержит до 0,4% углерода; применяется для изготовления особо прочных болтов, шестерен, осей, проволоки и т. п.

Твердая сталь (марки 45 и 50) содержит до 0,6% углерода; применение то же, что у стали средней твердости. Ее можно закаливать.

Углеродистая (инструментальная) сталь содержит до 1,4% углерода. Применяется в основном для изготовления инструмента. Из сталей, содержащих до 0,8% углерода (марки У-7 и У-8) изготовляют инструмент, подвергающийся ударам и поэтому требующий большой вязкости: зубила, керны, штампы, отвертки. Сверла, фрезы, резцы и т. п. изготовляют из стали, содержащей 1—1,2% углерода.

Конструкционные легированные стали содержат в себе, кроме углерода, примеси хрома, никеля, вольфрама, молибдена, ванадия и других металлов. Соответственно их называют: хромистая сталь, никелевая сталь и т. д. Эти металлы придают стали особые свойства. Хромистая сталь очень стойка против истирания и окисления. Никелевая сталь хорошо переносит удары. Хромоникелевая сталь марок 12ХН3А, 1Х3Н4А и 20ХН3А отличается высокой твердостью и вязкостью, а ее разновидность — нержавеющая сталь марки 14Х19Н9А (с присадкой марганца) — не подвергается действию коррозии. Хромансилевая сталь марки 30ХГСА обладает высокой прочностью, большой вязкостью и хорошо закаливается.

Листовая электротехническая сталь (для сердечников силовых и низкочастотных трансформаторов и дросселей) и сталь, применяемая для изготовления магнитов, — см. § 13-4.

Примерное содержание углерода в стали можно определить, наблюдая форму и цвет искр при обработке стали на наждачном круге. Мало-

углеродистая сталь дает прямые соломенно-желтые искры почти без звездочек. При наличии в стали до 0,5% углерода появляются маленькие светло-желтые искры. Углеродистая (инструментальная) сталь с содержанием углерода до 0,7—1,0% дает светло-желтые линии с большим количеством звездочек. При содержании углерода до 1,2—1,4% световые линии укорачиваются, а число звездочек резко возрастает. Присутствие в стали хрома проявляется в темно-красных линиях, а присутствие вольфрама — в шарообразных искрах.

Алюминий — легкий и сравнительно мягкий металл белого цвета с голубоватым оттенком. Выпускается в виде листов, прутков, проводов, шин и фольги. Отожженный алюминий имеет марку АМ (Алюминий Мягкий), неотожженный — марку АТ (Алюминий Твердый). Обладает пластичностью, ковкостью, хорошо обрабатывается и легко поддается отливке. Сильно «засаливает» напильники и винторезный инструмент. Поэтому для обработки алюминия надо употреблять напильники с острой насечкой и чаще очищать их (см. § 14-1). Резцы, сверла и фрезы следует затачивать острее, чем при обработке других металлов.

Алюминий быстро окисляется — покрывается плотной оксидной пленкой, которая предохраняет внутренние слои от дальнейшего окисления. Поэтому алюминиевые изделия не требуют антикоррозийного покрытия.

Однако эта оксидная пленка является диэлектриком и для получения надежного электрического соединения алюминиевых поверхностей ее нужно тщательно удалять.

Широко применяется для изготовления экранов высокочастотных катушек, скоб, хомутов для крепления деталей и для заклепок.

Дюралюминий — сплав алюминия с медью. Обладает свойствами алюминия, но значительно тверже и прочнее последнего. Применяется для изготовления шасси, каркасов, экранов, креплений и т. п. Требует значительного радиуса изгиба, иначе дает трещины. При повторных перегибах ломается.

Силумин — сплав алюминия с кремнием. Обладает хорошими литейными свойствами, но хрупок. Применяется при заводском изготовлении шасси радиоаппаратуры, шкивов, фасонных деталей и т. п.

Медь — металл розовато-красного цвета. Выпускается в виде лент, листов, шин, проволоки, проводов. Обладает высокой электрической проводимостью (в этом отношении уступает лишь серебру), легко паяется и сваривается, относительно стойка по отношению к коррозии, хотя и требует антикоррозийного покрытия. Сравнительно мягка и тягуча, хорошо обрабатывается механическими инструментами.

Твердая медь (МТ) обладает высокой механической прочностью. Проволока из твердой меди пружинит. Если же такую медь подвергнуть отжигу (нагрев до 350° С и затем охлаждение), то получится мягкая медь (ММ), имеющая меньшую механическую прочность, но зато хорошо тянущаяся и не пружинящая. Применяется для изготовления главным образом токонесущих деталей, а также для немагнитных экранов.

Латунь — сплав меди с цинком; золотистого цвета. Твердость ее тем больше, чем больше она содержит цинка. Обладает пластичностью, вязкостью, хорошо поддается пайке, штамповке. При механической обработке в холодном состоянии на поверхности появляется наклеп — отвердение. Наиболее распространены марки Л59 и Л62. Выпускается в виде листов, прутков, труб и проволоки. Применяется для изготовления токонесущих шин, а также шасси, экранов, крепежных деталей и т. п.

При наличии в латуни примесей других металлов ее свойства изменяются. Например, добавка олова придает ей особые антикоррозийные свойства, добавка свинца — антифрикционные свойства и т. д.

Бронза — сплав меди с оловом, алюминием, кадмием, фосфором, бериллием, кремнием, свинцом или другими элементами.

Фосфористая бронза (сплав меди с фосфором) — прочная, твердая и кислотоупорная. Обладает очень хорошими пружинящими свойствами. Применяется для изготовления токопроводящих пружин, скользящих контактов конденсаторов переменной емкости и т. п.

Кадмиевая бронза (сплав меди с кадмием) обладает большой электропроводностью и механической прочностью, которую не теряет при нагреве до 250° С. Применяется для изготовления коллекторных пластин.

Бериллиевая бронза (сплав меди с бериллием) имеет большую механическую прочность и хорошее сопротивление истиранию. Применяется для изготовления скользящих контактов, токопроводящих пружин, ножей выключателей и переключателей и т. п.

Перечисленные бронзы паяются и имеют хорошие антикоррозийные свойства.

Серебро — металл белого цвета, хорошо поддающийся механической обработке. Обладает наивысшей электропроводностью и хорошо паяется. Применяется для изготовления контактов реле, как покрытие проводов, предназначенных для намотки катушек индуктивности КВ и УКВ диапазонов, серебрения керамики (в производстве конденсаторов). Применяется и как антикоррозийное покрытие.

Платина — металл серого цвета. Хорошо вытягивается в проволоку и раскатывается в листы. Применяется для изготовления контактов реле, термопар и нагревательных элементов.

Вольфрам — металл серебристо-белого цвета. Очень жароупорен, тверд и прочен. При комнатной температуре не окисляется. Применяется для изготовления контактов и в производстве электронных ламп.

Цинк — мягкий металл серебристо-белого цвета. При нагревании до 200° С делается хрупким. На воздухе окисляется медленно, поэтому часто используется как защитное антикоррозийное покрытие. Легко паяется. Используется для приготовления раствора хлористого цинка — флюса для пайки (см. § 14-4). Как конструкционный материал используется редко, например для изготовления экранов.

Олово — мягкий металл серебристо-белого цвета с голубоватым оттенком. Стоек против коррозии и поэтому используется в качестве защитного антикоррозийного покрытия. Изделия из олова при пониженных температурах (ниже —18°С) разрушаются — превращаются в серый порошок. Явление это носит название «оловянной чумы». Разрушенные детали можно переплавить, получив при этом обычное олово.

Легко раскатывается в очень тонкие полоски — фольгу, используемую в качестве обкладок в слюдяных конденсаторах. Применяется и в качестве припоя для пайки, чаще всего в сочетании с другими металлами, например свинцом.

Свинец — очень мягкий металл синевато-серого цвета. На воздухе окисляется, покрываясь защитной оксидной пленкой, предохраняющей от дальнейшего окисления. Применяется в качестве составной части припоя для пайки, оболочек кабелей и пластин аккумуляторов. Хорошо вытягивается в проволоку, которую используют в качестве плавких вставок в предохранителях.

Проводники с большим удельным сопротивлением

Манганин — сплав меди, марганца и никеля. Удельное сопротивление ρ = 0,42÷0,48 *ом·мм²/м*; температурный коэффициент $ТК_\rho$ = =0,000005. Обладает большой стабильностью сопротивления во времени и поэтому предназначен для изготовления эталонов сопротивлений; в этом случае предельно допустимая рабочая температура 60° С.

Константан, нейзильбер и никелин — сплавы из меди и никеля. Соответственно ρ равны 0,48—0,52; 0,35 и 0,42 *ом·мм²/м*; $ТК_\rho$: — 0,000005; — 0,00003 и 0,0002; предельно допустимые рабочие температуры: 400, 250 и 150° С. Применяются для изготовления проволочных сопротивлений и реостатов.

Для изготовления нагревательных элементов электронагревательных приборов применяют следующие жароупорные сплавы высокого сопротивления:

Нихром — сплав на основе никеля. ρ = 1,07—1,27 *ом·мм²/м*; $ТК_\rho$ = = 0,00015, предельно допустимая рабочая температура 850—950° С. При нагревании на воздухе на поверхности нихрома образуется плотная электроизолирующая оксидная пленка. Поэтому нихромовую проволоку можно наматывать виток к витку, если междувитковое напряжение не превышает 0,5 *в*.

Фехраль — сплав на основе железа с добавлением алюминия. ρ = 1,4 *ом·мм²/м*; предельно допустимая рабочая температура 900° С.

13-3. ТИПЫ ПРОВОДОВ

Голые провода

Голые провода (без изоляции) бывают одножильные и многожильные.

Медный одножильный луженый провод используется для жесткого монтажа радиоаппаратуры. Медный и бронзовый многожильный канатик — для антенн, а одножильные манганиновый и константановый провода — для изготовления реостатов и проволочных сопротивлений.

Обмоточные провода

Обмоточные медные одножильные провода (см. табл. 13-1) предназначены для намотки трансформаторов, дросселей, реле, катушек индуктивности и т. п. Манганиновые и константановые провода используются для изготовления проволочных сопротивлений и шунтов. В качестве изоляции проводов применяют эмалевое покрытие, обмотку шелковыми нитками в один или два слоя, хлопчатобумажными или капроновыми нитками. Поверх обмотки иногда делают дополнительную бумажную или хлопчатобумажную оплетку.

Марка обмоточного одножильного провода состоит из нескольких букв и чисел, расположенных в следующем порядке:

первая буква П — означает «провод обмоточный»; а следующие буквы и цифры указывают на род изоляции провода:

ПБД — провод с изоляцией двумя слоями хлопчатобумажных ниток;
ПБО — то же одним слоем хлопчатобумажных ниток;
ПК — то же слоем капроновых ниток;
ПШД — то же двумя слоями шелковых ниток;
ПШО — то же одним слоем шелковых ниток;
ПЭЛ — провод с изоляцией одним слоем лакостойкой эмали;
ПЭТ — то же теплостойкой эмали;
ПЭВ-1 — провод с изоляцией лаком винифлекс в один слой;
ПЭВ-2 — то же двумя слоями;
ПЭВ-3 — то же тремя слоями;
ПЭМ-1 — провод с изоляцией лаком метальвин в один слой;
ПЭМ-2 — то же двумя слоями;
ПЭМ-3 — то же тремя слоями.

Число в конце марки провода указывает диаметр его металлической жилы в миллиметрах (т. е. его диаметр без изоляции).

Примеры: ПЭЛ-0,5 — Провод обмоточный Эмалированный Лакостойкий, диаметром 0,5 *мм*.

ПЭЛШО-0,35 — Провод обмоточный Эмалированный Лакостойкий с обмоткой из Шелка в Один слой, диаметром 0,35 *мм*.

Обмоточные провода ПЭТ, ПЭМ и ПЭВ обладают лучшими по сравнению с другими обмоточными проводами эластичностью, механической прочностью и теплостойкостью. Так, если предельно допустимая рабочая температура для обмоток из проводов марки ПЭЛ составляет 100° С, то для проводов марок ПЭТ, ПЭВ и ПЭМ она равна 125° С.

Эмалевая изоляция провода марки ПЭЛ имеет черный или темно-коричневый цвет, а изоляция провода марок ПЭВ более светлая с золотистым оттенком.

Высокочастотные обмоточные провода (лицендраты), предназначенные для изготовления катушек индуктивности резонансных контуров, состоят из пучка скрученных тонких эмалированных проволок, обмотанных одним (ЛЭШО) или двумя слоями (ЛЭШД) шелка (табл. 13-2).

Манганиновые и константановые обмоточные провода (табл. 13-3) имеют в конце марки соответственно буквы М и К.

Пример: ПЭШОК-0,3 — Провод обмоточный Эмалированный с обмоткой из Шелка в Один слой, Константановый, диаметром 0,3 *мм*.

Монтажные изолированные провода

Монтажные изолированные провода бывают одножильные и двухжильные; в последнем случае жилы изолированы друг от друга. Жилы могут состоять из одной или нескольких медных проволок, иногда луженых. Изоляция монтажных проводов обычно резиновая или полихлорвиниловая, часто разноцветная. Наиболее употребительны изолированные монтажные провода следующих марок:

ММ — проволока Медная Мягкая без изоляции;
МР — Медный провод в Резиновой изоляции;
МРГ — Медный провод в Резиновой изоляции, Гибкий;
МРГЛ — Медный провод в Резиновой изоляции и Лакированной оплетке, Гибкий;
МРГП — Медный провод в Резиновой изоляции и оплетке из пропитанной в парафине хлопчатобумажной Пряжи, Гибкий;

Таблица 13-1

Медные обмоточные провода

Голый провод				ПЭЛ, ПЭТ				ПЭВ-1				ПШО			
Диаметр по меди, *мм*	Сечение по меди, *мм²*	Сопротивление 1 *км*, *ом*	Нагрузочный ток при плотности 2,5 *а/мм²*, *а*	Максимальный диаметр в изоляции, *мм*	Вес 1 *км*, *кг*	Среднее число витков на 1 *см* плотной намотки	Среднее число витков на 1 *см²* плотной намотки	Максимальный диаметр в изоляции, *мм*	Вес 1 *км*, *кг*	Среднее число витков на 1 *см* плотной намотки	Среднее число витков на 1 *см²* плотной намотки	Максимальный диаметр в изоляции, *мм*	Вес 1 *км*, *кг*	Среднее число витков на 1 *см* плотной намотки	Среднее число витков на 1 *см²* плотной намотки
0,05	0,002	9 290	0,004	0,065	0,0183	166	10 080	—	—	—	—	0,105	0,03	100,0	4 000
0,06	0,003	6 440	0,007	0,075	0,026	142	8 590	0,085	0,028	125	7 500	0,115	0,04	90,9	3 760
0,07	0,004	4 730	0,009	0,085	0,036	125	7 500	0,095	0,038	111	6 240	0,125	0,05	83,3	3 550
0,08	0,005	3 630	0,012	0,095	0,046	111	6 240	0,105	0,049	100	5 500	0,135	0,06	76,9	3 172
0,09	0,006	2 860	0,015	0,105	0,058	100	5 500	0,115	0,062	90	5 870	0,145	0,08	71,4	2 904
0,10	0,008	2 240	0,019	0,120	0,072	87,6	4 458	0,125	0,075	83	4 037	0,155	0,09	66,7	2 724
0,11	0,009	1 850	0,023	0,130	0,087	80	3 816	0,135	0,090	79	3 617	0,165	0,10	62,5	2 400
0,12	0,011	1 550	0,028	0,140	0,104	74,1	3 588	0,145	0,107	71	3 256	0,175	0,12	58,8	2 327
0,13	0,013	1 320	0,033	0,150	0,12	69	3 146	0,155	0,124	67	2 959	0,185	0,14	55,6	2 087
0,14	0,015	1 140	0,038	0,160	0,14	64,5	2 769	0,165	0,144	62	2 613	0,195	0,16	52,6	1 885
0,15	0,018	994	0,044	0,170	0,161	60,6	2 457	0,18	0,166	57,8	2 380	0,205	0,18	50	1 716
0,16	0,020	873	0,050	0,180	0,183	57,8	2 380	0,19	0,188	54,3	2 195	0,215	0,20	47,6	1 680
0,17	0,022	773	0,056	0,190	0,206	54,3	2 195	0,20	0,212	51,3	1 932	0,225	0,23	45,5	1 533
0,18	0,025	688	0,063	0,200	0,23	51,3	1 932	0,21	0,236	47,8	1 875	0,235	0,25	43,5	1 414
0,19	0,028	618	0,071	0,210	0,256	47,8	1 875	0,22	0,263	46,5	1 643	0,245	0,28	41,6	1 388
0,20	0,031	558	0,078	0,225	0,285	46,5	1 643	0,23	0,290	43,5	1 578	0,265	0,31	38,5	1 193
0,21	0,034	507	0,086	0,235	0,314	43,5	1 508	0,24	0,320	41	1 508	0,275	0,34	37	1 110
0,23	0,041	423	0,104	0,255	0,376	40	1 290	0,27	0,383	37	1 198	0,295	0,41	34,5	968
0,25	0,049	357	0,124	0,275	0,443	37	1 184	0,29	0,452	35	1 025	0,315	0,48	32,3	904
0,27	0,057	306	0,143	0,31	0,52	33,9	968	0,31	0,526	33,9	986	0,335	0,55	30,3	780
0,29	0,066	266	0,165	0,33	0,60	31,7	852	0,33	0,605	31,7	852	0,355	0,64	28,6	698
0,31	0,075	233	0,189	0,35	0,685	29,4	716	0,35	0,690	29,4	716	0,375	0,72	27	627
0,33	0,085	205	0,214	0,37	0,775	27,8	644	0,37	0,780	27,8	644	0,395	0,81	25,6	568
0,35	0,096	182	0,240	0,39	0,871	26,3	616	0,39	0,876	26,3	616	0,415	0,91	24,4	544

0,38	0,113	155	0,283	0,42	1,025	24,4	534	0,42	1,03	24,4	534	0,445	1,06	22,7	476
0,41	0,132	133	0,330	0,45	1,200	22,7	457	0,45	1,20	22,7	457	0,475	1,23	21,3	419
0,44	0,152	115	0,380	0,49	1,374	21,1	402	0,48	1,38	21,3	420	0,505	1,41	20	371
0,47	0,173	101	0,433	0,52	1,566	19,8	357	0,51	1,57	20	380	0,535	1,61	18,9	332
0,49	0,188	93,1	0,478	0,54	1,701	19,0	339	0,53	0,71	19,5	352	0,555	1,75	18,2	316
0,51	0,204	85,9	0,510	0,56	1,846	18,3	311	0,56	1,87	18,3	311	0,575	1,89	17,5	294
0,53	0,221	79,3	0,553	0,58	1,99	17,55	291	0,58	2,01	17,55	291	0,595	2,04	17,0	276
0,55	0,238	73,9	0,595	0,60	2,14	16,95	271	0,60	2,16	16,95	271	0,615	2,20	16,4	258
0,57	0,255	69,0	0,649	0,62	2,30	16,40	255	0,62	2,32	16,40	255	0,635	2,33	15,9	243
0,59	0,273	64,3	0,683	0,64	2,47	15,88	239	0,64	2,48	15,88	239	0,655	2,51	15,4	228
0,62	0,302	58,2	0,755	0,67	2,72	15,15	226	0,67	2,74	15,15	226	0,685	2,77	14,7	216
0,64	0,322	54,6	0,805	0,69	2,90	14,70	213	0,69	2,92	14,70	213	0,705	2,95	14,3	204
0,67	0,353	49,8	0,893	0,72	3,17	14,09	199	0,72	3,19	14,09	199	0,735	3,23	13,7	191
0,69	0,374	46,9	0,935	0,74	3,37	13,70	185	0,74	3,38	13,70	185	0,755	3,42	13,3	178
0,72	0,407	43,1	1,019	0,78	3,67	13,15	172	0,77	3,67	13,16	179	—	—	—	—
0,74	0,430	40,8	1,075	0,80	3,88	12,65	159	0,80	3,90	12,65	159	—	—	—	—
0,77	0,466	37,6	1,167	0,83	4,20	12,20	150	0,83	4,22	12,20	150	—	—	—	—
0,80	0,503	34,9	1,259	0,86	4,53	11,76	141	0,86	4,55	11,76	141	—	—	—	—
0,83	0,541	32,4	1,353	0,89	4,87	11,36	132	0,89	4,89	11,36	132	—	—	—	—
0,86	0,581	30,2	1,450	0,92	5,23	11,00	122	0,92	5,25	11,00	122	—	—	—	—
0,90	0,636	27,7	1,590	0,96	5,72	10,53	113	0,96	5,75	10,53	113	—	—	—	—
0,93	0,679	25,8	1,690	0,99	6,10	10,20	107	0,99	6,13	10,20	107	—	—	—	—
0,96	0,724	24,2	1,854	1,02	6,50	9,90	101	1,02	6,53	9,9	101	—	—	—	—
1,00	0,785	22,4	1,960	1,07	7,07	9,52	95	1,08	7,12	9,4	94	—	—	—	—
1.04	0,85	20,7	2,125	1,12	7,64	9,18	88	1,12	7,70	9,18	88	—	—	—	—
1,08	0,92	19,2	2,290	1,16	8,24	8,77	81	1,16	8,29	8,77	81	—	—	—	—
1,12	0,99	17,9	2,474	1,20	8,86	8,47	76	1,20	8,92	8,47	76	—	—	—	—
1,16	1,06	16,6	2,640	1,24	9,50	8,20	71	1,24	9,56	8,20	71	—	—	—	—
1,20	1,13	15,5	2,880	1,28	10,2	7,94	67	1,28	10,3	7,94	67	—	—	—	—
1,25	1,23	14,3	3,000	1,33	11,0	7,64	61	1,33	11,1	7,64	61	—	—	—	—
1,30	1,33	13,2	3,325	1,38	11,9	7,35	57	1,38	12	7,35	57	—	—	—	—
1,35	1,43	12,2	3,580	1,43	12,8	7,09	53	1,43	12,9	7,09	53	—	—	—	—
1,40	1,54	11.3	3,852	1,48	13,8	6,85	50	1,48	13,9	6,85	50	—	—	—	—
1,45	1,65	10,6	4,130	1,53	14,8	6,62	47	1,53	14,9	6,62	47	—	—	—	—
1,50	1,78	9,86	4,450	1,58	15,8	6,41	44	1,58	15,9	6,41	44	—	—	—	—
1,56	1,91	9,18	4,780	1,64	17,1	6,21	41	1,64	17,2	6,21	41	—	—	—	—
1,62	2,06	8,50	5,160	1,68	18,5	5,95	39	1,70	18,5	5,85	37	—	—	—	—
1,68	2,21	7,92	5,550	1,74	19,9	5,75	36	1,76	19,9	5,66	35	—	—	—	—
1,74	2,38	7,35	5,950	1,80	21,3	5,56	33	1,82	21,3	5,54	34	—	—	—	—
1,81	2,57	6,83	6,430	1,90	23,1	5,35	31	1,90	23,2	5,35	31	—	—	—	—

Продолжение табл. 13-1

Диаметр по меди, *мм*	ПЭЛШО				ПБО				ПШД				ПБД			
	Максимальный диаметр в изоляции, *мм*	Вес 1 *км*, *кг*	Среднее число витков на 1 *см* плотной намотки	Среднее число витков на 1 *см²* плотной намотки	Максимальный диаметр в изоляции, *мм*	Вес 1 *км*, *кг*	Среднее число витков на 1 *см* плотной намотки	Среднее число витков на 1 *см²* плотной намотки	Максимальный диаметр в изоляции, *мм*	Вес 1 *км*, *кг*	Среднее число витков на 1 *см* плотной намотки	Среднее число витков на 1 *см²* плотной намотки	Максимальный диаметр в изоляции, *мм*	Вес 1 *км*, *кг*	Среднее число витков на 1 *см* плотной намотки	Среднее число витков на 1 *см²* плотной намотки
0,05	0,12	0,04	90,9	3 072	—	—	—	—	0,16	0,05	66,7	1 944	—	—	—	—
0,06	0,13	0,04	83,3	2 960	—	—	—	—	0,17	0,06	62,5	1 752	—	—	—	—
0,07	0,14	0,05	76,9	2 840	—	—	—	—	0,18	0,07	58,5	1 730	—	—	—	—
0,08	0,15	0,07	71,4	2 574	—	—	—	—	0,19	0,09	55,6	1 617	—	—	—	—
0,09	0,16	0,08	66,7	2 400	—	—	—	—	0,20	0,10	52,6	1 550	—	—	—	—
0,10	0,175	0,09	60,6	2 142	—	—	—	—	0,21	0,12	50	1 506	—	—	—	—
0,11	0,185	0,10	57,4	1 926	—	—	—	—	0,22	0,13	47,6	1 380	—	—	—	—
0,12	0,195	0,13	54,2	1 885	—	—	—	—	0,23	0,14	45,5	1 365	—	—	—	—
0,13	0,205	0,14	51,3	1 710	—	—	—	—	0,24	0,16	43,5	1 255	—	—	—	—
0,14	0,215	0,17	48,8	1 560	—	—	—	—	0,25	0,19	41,7	1 157	—	—	—	—
0,15	0,225	0,19	46,5	1 424	—	—	—	—	0,26	0,21	40	1 073	—	—	—	—
0,16	0,235	0,21	44,4	1 407	—	—	—	—	0,27	0,23	39,5	1 071	—	—	—	—
0,17	0,245	0,24	42,6	1 295	—	—	—	—	0,28	0,26	37	1 001	—	—	—	—
0,18	0,255	0,26	41	1 204	—	—	—	—	0,29	0,28	35,7	935	—	—	—	—
0,19	0,265	0,29	39,2	1 193	—	—	—	—	0,30	0,31	34,5	834	—	—	—	—
0,20	0,29	0,32	35,7	998	0,30	0,320	34,5	938	0,33	0,35	31,2	776	0,37	0,359	27	557
0,21	0,30	0,36	34,5	938	0,31	0,350	33,3	878	0,34	0,38	30,3	731	0,38	0,410	26,3	530
0,23	0,32	0,42	32,3	825	0,33	0,415	31,2	776	0,36	0,45	28,6	653	0,40	0,49	25	480
0,25	0,34	0,49	30,3	780	0,35	0,485	29,4	736	0,38	0,53	27	623	0,45	0,53	23,8	467
0,27	0,37	0,57	28,2	644	0,39	0,575	26,3	580	0,40	0,60	25,6	552	0,47	0,695	21,3	371
0,29	0,39	0,66	26,7	580	0,41	0,657	25	523	0,42	0,69	24,4	500	0,49	0,79	20,4	342
0,31	0,415	0,76	25	514	0,43	0,747	23,8	477	0,44	0,78	23,3	458	0,51	0,895	19,6	318
0,33	0,435	0,84	23,8	469	0,45	0,84	22,7	440	0,46	0,87	22,2	420	0,53	1,001	18,9	296
0,35	0,455	0,95	22,7	456	0,47	0,94	21,7	428	0,48	0,98	21,3	410	0,55	1,111	18,2	293
0,38	0,485	1,10	21,3	402	0,50	1,113	20,4	378	0,51	1,13	20	363	0,58	1,222	17,2	265
0,41	0,515	1,27	19,8	351	0,53	1,280	19,2	337	0,54	1,30	18,9	326	0,61	1,395	16,4	241
0,44	0,55	1,46	18,7	315	0,56	1,467	18,2	303	0,57	1,49	17,8	292	0,64	1,588	15,6	219
0,47	0,58	1,66	17,7	284	0,59	1,665	17,2	274	0,60	1,69	16,9	264	0,67	1,791	14,8	201

0,49	0,60	1,80	17,1	271	0,61	1,809	16,7	262	0,62	1,83	16,4	254	0,69	1.939	14,5	195
0,51	0,625	1,95	16,4	250	0,63	1,95	16,1	246	0,64	1,98	15,9	238	0,71	2.07	14,1	184
0,53	0,645	2,09	15,89	236	0,65	2,10	15,62	232	0,66	2,21	15,4	225	0,73	2.22	13,7	175
0,55	0,665	2,25	15,38	221	0,67	2,25	15,15	218	0,68	2,27	14,9	212	0,75	2,38	13,3	165
0,57	0,685	2,41	14,94	209	0,69	2,41	14,72	206	0,70	2,44	14,5	201	0,77	2,54	13,0	157
0,59	0,705	2,58	14,49	197	0,71	2,58	14,29	195	0,72	2,60	14,1	190	0,79	2,79	12,7	150
0,62	0,735	2,80	14,00	187	0,74	2,80	13,79	186	0,75	2,86	13,5	181	0,82	2,98	12,2	145
0,64	0,755	3,02	13,51	177	0,76	3,02	13,33	176	0,77	2,98	13,2	171	0,84	3,17	11,9	140
0,67	0,785	3,25	13,08	168	0,79	3,25	12,91	166	0,80	3,33	12,7	161	0,87	3,45	11,5	131
0,69	0,805	3,49	12,66	158	0,81	3,49	12,50	156	0,82	3,52	12,3	151	0,89	3,70	11,2	123
0,72	0,845	3,74	12,21	140	0,84	3,84	12,13	146	0,84	3,79	11,9	140	0,92	3,95	10,9	116
0,74	0,865	4,02	11,77	134	0,86	4,01	11,77	136	—	—	—	—	0,94	4,16	10,6	110
0,77	0,895	4,19	11,38	128	0,89	4,33	11,37	133	—	—	—	—	0,97	4,51	10,3	106
0,80	0,925	4,68	10,99	121	0,92	4,67	10,99	121	—	—	—	—	1,00	4,78	10,0	99
0,83	0,955	5,03	10,65	114	0,95	5,02	10,65	114	—	—	—	—	1,03	5,14	9,7	94
0,86	0,985	5,39	10,31	107	0,98	5,38	10,31	108	—	—	—	—	1,06	5,49	9,4	89
0,90	1,025	5,88	9,96	100	1,02	5,82	9,96	101	—	—	—	—	1,10	5,88	9,0	82
0,93	1,055	6,29	9,61	93	1,05	6,27	9,61	94	—	—	—	—	1,13	6,41	8,8	78
0,96	1,085	6,79	9,27	89	1,08	6,77	9,25	90	—	—	—	—	1,16	6,81	8,6	72
1,00	1,135	7,28	8,93	84	1,14	7,27	8,89	86	—	—	—	—	1,20	7,36	8,3	67
1,04	1,175	7,87	8,63	76	1,18	7,86	8,60	79	—	—	—	—	1,24	7,94	8,0	62
1,08	1,215	8,46	8,33	72	1,22	8,46	8,30	72	—	—	—	—	1,33	8,55	7,5	58
1,12	1,255	9,11	8,07	68	1,26	9,09	8,04	68	—	—	—	—	1,37	9,21	7,3	55
1,16	1,295	9,75	7,81	64	1,30	9,74	7,78	63	—	—	—	—	1,41	9,85	7,1	53
1,20	1,335	10,36	7,58	60	1,34	10,35	7,55	60	—	—	—	—	1,45	10,65	6,9	50
1,25	1,385	11,27	7,30	56	1,39	11,26	7,27	56	—	—	—	—	1,50	11,50	6,7	46
1,30	1,435	12,18	7,05	52	1,44	12,17	7,03	52	—	—	—	—	1,55	12,40	6,5	43
1,35	1,485	13,10	6,80	48	1,49	13,09	6,78	48	—	—	—	—	1,60	13,30	6,3	41
1,40	1,535	14,11	6,63	45	1,54	14,12	6,56	45	—	—	—	—	1,65	14,29	6,1	38
1,45	1,585	15,12	6,47	43	1,59	15,12	6,35	43	—	—	—	—	1,70	15,30	5,9	36
1,50	—	—	—	—	1,64	16,27	6,14	40	—	—	—	—	1,75	16,40	5,7	34
1,56	—	—	—	—	1,70	17,45	5,93	38	—	—	—	—	1,81	17,70	5,5	32
1,62	—	—	—	—	1,76	19,80	5,74	35	—	—	—	—	1,87	19,30	5,3	30
1,68	—	—	—	—	1,82	20,19	5,54	33	—	—	—	—	1,93	20,50	5,2	28
1,74	—	—	—	—	1,88	21,79	5,35	31	—	—	—	—	1,99	21,89	5,0	26
1,81	—	—	—	—	1,95	23,42	5,17	29	—	—	—	—	2,06	23,80	4,9	24

МРГПЭ — то же экранированный;
МБДЛ — Медный провод с Двойной обмоткой из хлопчатобумажной пряжи, Лакированный;
МШДЛ — Медный провод с обмоткой из натурального Шелка в Два слоя, Лакированный;
ПМВ — Провод Медный в Винилитовой изоляции;
ПМВГ — Провод Медный в Винилитовой изоляции, Гибкий;
МШВ — Медный провод в Шелковой обмотке по жиле и с Винилитовой изоляцией;
ЛПРГС — Лакированный медный Гибкий Провод в Резиновой изоляции и в оплетке из хлопчатобумажной пряжи;
ЛПРГСЭ — то же Экранированный.

Наиболее употребительны монтажные провода сечением 0,35—1,5 *мм*².

Таблица 13-2

Высокочастотные обмоточные провода

Марка	Число скрученных проволок и их диаметр, *мм*	Общий диаметр токопроводящей жилы, *мм*	Наружный диаметр провода, *мм*
ЛЭШО	24 × 0,07	0,48	0,54
	35 × 0,07	0,65	0,71
	12 × 0,10	0,48	0,54
	21 × 0,10	0,61	0,67
	28 × 0,10	0,74	0,80
	63 × 0,10	1,28	1,34
	84 × 0,10	1,43	1,49
	119 × 0,10	1,73	1,79
ЛЭШД	7 × 0,07	0,24	0,34
	32 × 0,07	0,54	0,66
	49 × 0,07	0,72	0,84
	70 × 0,07	0,96	1,08
	105 × 0,07	1,10	1,22
	147 × 0,07	1,27	1,39
	245 × 0,07	1,68	1,80
	7 × 0,10	0,35	0,45
	12 × 0,10	0,48	0,58
	16 × 0,10	0,54	0,66
	19 × 0,10	0,58	0,70
	7 × 0,20	0,66	0,78
	19 × 0,20	1,10	1,22
	32 × 0,20	1,47	1,59
	56 × 0,20	2,18	2,30
	70 × 0,20	2,64	2,76
	84 × 0,20	2,73	2,85
	105 × 0,20	3,04	3,16

Таблица 13-3

Обмоточные провода из манганина и константана

Диаметр провода, *мм*	Сопротивление 1 *м* провода, *ом*		Диаметр провода, *мм*	Сопротивление 1 *м* провода, *ом*	
	Манганин (при $\rho = 0,43$ *ом · мм²/м*)	Константан (при $\rho = 0,49$ *ом · мм²/м*)		Манганин (при $\rho = 0,43$ *ом · мм²/м*)	Константан (при $\rho = 0,49$ *ом · мм²/м*)
0,03	606,0	690,0	0,35	4,47	5,09
0,04	341,3	388,0	0,38	3,79	4,32
0,05	220,0	250,0	0,40	3,42	3,90
0,06	151,9	173,0	0,45	2,71	3,08
0,07	111,7	127,0	0,50	2,19	2,49
0,08	85,6	97,4	0,55	1,81	2,06
0,09	67,6	77,2	0,60	1,52	1,73
0,10	54,8	62,4	0,65	1,30	1,48
0,12	38,0	43,4	0,70	1,12	1,27
0,15	24,4	27,7	0,75	0,97	1,11
0,18	16,9	19,3	0,80	0,86	0,97
0,20	13,7	15,6	0,85	0,75	0,87
0,25	8,76	9,98	0,90	0,68	0,72
0,30	6,06	6,94	1,00	0,55	0,62

Токи плавления проводов

В табл. 13-4 приведены токи плавления проводов различных диаметров, изготовленных из алюминия, стали, свинца и меди. По этой таблице можно выбрать необходимый провод для плавкого. предохранителя.

Таблица 13-4

Токи плавления проводов

Ток плавления, *а*	Диаметр провода, *мм*			
	Алюминий	Сталь	Свинец	Медь
1	0,066	0,118	0,210	0,053
2	0,104	0,189	0,325	0,086
3	0,137	0,245	0,425	0,112
5	0,193	0,345	0,60	0,157
7	0,250	0,45	0,78	0,203
10	0,305	0,55	0,95	0,250
15	0,4	0,72	1,25	0,32

13-4. МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Магнитно-твердые материалы

Магнитно-твердые материалы предназначены для изготовления постоянных магнитов измерительных приборов, громкоговорителей, телефонов, поляризованных реле и т. п. Такие магнитные материалы характеризуются большой коэрцитивной силой.

Углеродистые стали (см. § 13-2) находят применение для изготовления магнитов. Для увеличения коэрцитивной силы магниты из этих сталей закаливают, однако они размагничиваются при ударах и перемене температур.

Вольфрамовая сталь содержит 0,6—0,75% углерода и 5,5—6,5% вольфрама. Выпускается марок ЕВ5 и ЕВ5А. Обладает повышенными по сравнению с углеродистой сталью значениями коэрцитивной силы и остаточной индукции. Магниты из этой стали тоже закаливают. Сталь марки ЕВ5А обладает большей стабильностью магнитных свойств во времени. Магниты из вольфрамовой стали боятся ударов и перемены температур в значительно меньшей степени, чем магниты из углеродистой стали.

Хромистая сталь содержит 0,9—1,1% углерода и 1,3—3,8% хрома. Выпускается марок ЕХ2, ЕХ3 и ЕХ3А (цифры указывают процентное содержание хрома). Магниты из этой стали еще более стойки к ударам и перемене температур, чем магниты из вольфрамовой стали, а также меньше изменяют свои магнитные свойства со временем.

Кобальтовая сталь — наилучшая из магнитных сталей. Кроме углерода, содержит 5—30% кобальта. Выпускается марок ЕК5, ЕК10, ЕК15 и ЕК30 (цифры указывают процентное содержание кобальта). С увеличением содержания кобальта увеличивается коэрцитивная сила.

Все перечисленные стали обладают ковкостью, поддаются прокатке и механической обработке. Их выпускают в виде полос и листов.

К магнитно-твердым материалам относят также сплавы альни, альниси, альнико и магнико, которые обладают значительно лучшими магнитными свойствами, чем даже кобальтовая сталь. Магниты из них изготовляют отливкой в формы и обрабатывают шлифованием.

Альни — сплав железа, алюминия 11—17% и никеля 20—33%. Марки АН1 и АН2. К недостаткам этого сплава относится невозможность по условиям технологии изготовить из него магниты весом более 300—500 *г*.

Альниси отличается от альни наличием 1% кремния. Марка АНК. Обладает меньшим значением остаточной индукции, чем сплав альни, но из него можно изготавливать бо́льшие по размерам магниты.

Альнико отличается от сплава альни наличием кобальта от 5 до 10%. Марки АНКО1 и АНКО3. Обладает большими значениями остаточной индукции.

Закалка магнитов из сплавов альни, альниси и альнико осуществляется одновременно с их отливкой.

Если охлаждение магнита после отливки производить в сильном магнитном поле, то сплав приобретает очень высокую коэрцитивную силу. Таким способом изготавливают сплав, называемый **магнико**, марки АКО4, содержащий 10—15% никеля, 8—10% алюминия, 20—25% кобальта, остальное — железо.

Сплавы альни, альниси, альнико и магнико отличаются высокой стойкостью в отношении воздействия температур, ударов и большой стабильностью магнитных свойств во времени. Эти сплавы нековки и имеют очень высокую твердость.

Из перечисленных сплавов трудно получить небольшие магниты для небольших по размерам измерительных приборов, миниатюрных громкоговорителей и т. п. Такие магниты чаще изготовляют по технологии керамики или пластмасс.

Металлокерамические магниты получают путем спекания порошков из сплавов альни и альнико. Магнитные свойства таких магнитов несколько хуже, чем литых магнитов из этих же сплавов.

Разновидностью металлокерамических магнитов являются оксидные магниты, получаемые путем прессования порошков ферритов (см. ниже) с последующим обжигом. Примером оксидных магнитов служит **вектолит** (феррит кобальта) и **ферроксдур** (феррит бария). В последнее время на основе феррита бария получены и другие магнитные материалы: изотропные, т. е. имеющие одинаковые магнитные свойства по всем направлениям, оксидные магнитные материалы (марка МБИ) и анизотропные, т. е. с повышенными магнитными свойствами в одном направлении (марка МБА). По магнитным свойствам МБИ близок к сплаву альни, а материал МБА — к сплаву типа альниси, но оксидные магниты обладают большей коэрцитивной силой.

Оксидные магниты на основе феррита бария можно намагничивать заранее, вне магнитной цепи, в которой они будут работать, в то время как магниты из других магнитных материалов приходится намагничивать после сборки магнитной цепи, в которой они работают, в противном случае теряется около 30% магнитной энергии.

Металлопластичные магниты изготовляют из измельченных в порошок магнитных сплавов альни, альнико и т. п. Порошок перемешивают с бакелитовой смолой и прессуют из полученной массы магниты нужной формы. Коэрцитивная сила у пресс-магнитов такая же, как у литых магнитов из этих сплавов, а остаточная индукция в среднем вдвое меньше.

Общие сведения о магнитно-мягких материалах

Магнитно-мягкие материалы применяют для изготовления сердечников катушек индуктивности. Эти материалы должны обладать высокой магнитной проницаемостью, чтобы даже при малой напряженности магнитного поля получалась большая магнитная индукция в сердечнике (см. § 1-9). Чтобы потери на перемагничивание в сердечнике были малыми, материал должен обладать малой коэрцитивной силой (узкой петлей гистерезиса), а чтобы были малы потери на вихревые токи, материал должен иметь большое электрическое сопротивление.

Потери на вихревые токи уменьшают и конструктивными мерами, делая сердечник из отдельных листов, электрически изолированных друг от друга (см. § 12-4). Для работы на высоких частотах сердечник изготовляют из порошка магнитного материала, тщательно перемешанного с высокочастотным диэлектриком. Приготовленные таким способом материалы называются м а г н и т о д и э л е к т р и к а м и. Для работы на высоких частотах применяют также керамические оксидные магнитные материалы — оксиферы или ферриты.

Низкочастотные магнитно-мягкие материалы

Листовая электротехническая сталь содержит кремний, что повышает электрическое сопротивление стали, снижая тем самым потери на вихревые токи. Кроме того, наличие кремния резко уменьшает коэрцитивную силу. Кремнистая сталь отличается характерным блеском в изломе, очень тверда, при изгибе хрустит и дает трещину с рваными краями.

Для изготовления сердечников силовых и низкочастотных трансформаторов и дросселей применяют главным образом стали марок Э41 и Э42. Повышенной магнитной проницаемостью и меньшими потерями обладают стали марок Э45, Э46, Э47 и Э48. На частотах свыше 1 000 *гц* применяют сталь Э44. Все эти стали выпускаются в виде листов и штампованных пластин стандартных размеров (см. § 12-4). Пластины покрывают изоляционными лаками или пленкой окислов, образующейся на поверхности при отжиге, иногда оклеивают тонкой бумагой или покрывают тонким слоем клея БФ-2. Сердечники из пластин, покрытых клеем, стягивают и нагревают; в результате пластины склеиваются, образуя плотный пакет.

Для изготовления витых тороидальных сердечников применяют холоднокатаные стали марок Э310, Э320 и Э330 в виде лент толщиной до 0,03 *мм*.

Буква Э в обозначении марки означает электросталь. Первая цифра указывает на средний процент содержания кремния. Вторая цифра характеризует электромагнитные свойства стали: 1 — потери обычные; 2 — пониженные; 3 — совсем малые; 4 — нормальные потери при 400 *гц*; 5 и 6 — повышенная магнитная проницаемость в слабых полях (менее 0,01 *а/см*); 7 и 8 — повышенная магнитная проницаемость в средних полях (от 0,1 до 10 *а/см*). Наличие третьей цифры 0 говорит о том, что сталь холоднокатаная (текстурованная).

Пермендюр — сплав железа с кобальтом и ванадием; выпускается в виде листов, полос и лент толщиной 0,2—1,6 *мм* и прутков диаметром 8—30 *мм*. Предназначен для работы в слабом переменном магнитном поле, но при сильном подмагничивании постоянным полем. Поэтому применяется для изготовления мембран телефонов, полюсных наконечников и соединительных деталей магнитопроводов динамических громкоговорителей и электромагнитов. Очень хрупок.

Пермаллой — сплав никеля и железа; выпускается в виде листов и штампованных пластин толщиной 0,05—0,5 *мм*. Обладает значительно большей магнитной проницаемостью и меньшими потерями, чем электротехническая сталь. Выпускается нескольких марок, имеющих различное процентное содержание никеля и железа и некоторых других металлов. Наибольшую магнитную проницаемость имеет классический пермаллой, состоящий из 78,5% никеля и остальное — железо. Введение в состав пермаллоя молибдена, меди, хрома (молибденовый пермаллой, меднистый пермаллой, меднистый мопермаллой) увеличивает его электрическое сопротивление и снижает потери. Наибольшую магнитную проницаемость имеет супермаллой с примесью молибдена.

Из пермаллоя изготовляют детали, работающие в постоянном поле: сердечники реле, детали измерительных приборов, магнитные экраны. Для работы в переменном поле из него изготовляют сердечники выходных, входных и междуламповых трансформаторов и низкочастотных дросселей. На частотах выше 20 *кгц* применять пермаллой не следует, так как на этих частотах его магнитная проницаемость становится меньше магнитной проницаемости кремнистой электротехнической стали.

Пермаллоевые сердечники нельзя сильно стягивать, ударять по ним и допускать перекосы при сборке, так как это ухудшает магнитную проницаемость пермаллоя за счет возникающих внутренних механических напряжений в материале.

Высокочастотные магнитно-мягкие материалы

Магнетит — магнитодиэлектрик, изготовляемый путем прессования порошка минерала магнетита (магнитный железняк) с бакелитовой смолой. Отличается большой механической прочностью, но его магнитная проницаемость изменяется со временем, а также сильно зависит от температуры. Применяется на частотах до 1 *Мгц* в виде подстроечных сердечников высокочастотных катушек индуктивности.

Альсифер — магнитодиэлектрик, изготовляемый путем прессования со стеклоэмалью зерен альсифера — очень твердого и хрупкого сплава, состоящего из железа, алюминия и кремния. Величина магнитной проницаемости этого магнитодиэлектрика значительно стабильнее, чем у магнетита.

Альсифер ВЧ-15 (ВысокоЧастотный) применяют для работы на частотах до 150 *кгц*. Из него изготовляют сердечники катушек фильтров аппаратуры многоканальной телефонии.

Альсифер РЧ-9 (РадиоЧастотный) применяют для изготовления подстроечных сердечников катушек индуктивности, сердечников броневого типа и сердечников дросселей, работающих на частотах до 2 *Мгц*.

Альсифер РЧ-6 применяют для изготовления подстроечных сердечников катушек индуктивности, работающих на частотах до 45 *Мгц*.

Изделия из альсифера марок РЧ-6 и РЧ-9 можно обрабатывать механическими способами.

Число в марке альсифера указывает среднее значение его магнитной проницаемости.

Карбонильное железо — магнитодиэлектрик, изготовляемый прессованием с полистиролом или бакелитом порошка железа, обработанного особым образом.

Восстановленное карбонильное железо можно узнать по характерному металлическому блеску. Отличается высокой магнитной проницаемостью — до 60 *гс/э*. Применяется на частотах не выше 200 *кгц*.

Радиочастотное карбонильное железо серого или серо-бурого матового цвета марки Р-4 (с начальной магнитной проницаемостью 12 *гс/э*) применяют на частотах до 10—20 *Мгц*, а марки Р-2 «экстра» с начальной магнитной проницаемостью порядка 16 *гс/э* — до 50 *Мгц*. Используется для изготовления цилиндрических и броневых сердечников для катушек индуктивности.

Ферриты (оксиферы) — ферромагнитные полупроводники, обладают высокой магнитной проницаемостью, очень большим сопротивлением электрическому току и, следовательно, малыми потерями от действия вихревых токов. По технологии изготовления они представляют собой керамику и могут обрабатываться только шлифованием.

Марки этих материалов состоят из буквы «Ф» (феррит) или слова «Оксифер» и числа, выражающего среднее значение начальной магнитной проницаемости (пример: Оксифер РЧ-15 — РадиоЧастотный со средней величиной начальной магнитной проницаемости 15 *гс/э*).

Ферриты с большой магнитной проницаемостью, в марку которых входят числа 3 000, 2 000 и 1 000, применяют для изготовления замкнутых

сердечников входных и выходных НЧ трансформаторов, а также сердечников трансформаторов строчной развертки в телевизионной аппаратуре.

Оксиферы со средней магнитной проницаемостью, марки которых содержат числа 600, 500, 400 и 200, применяют для изготовления сердечников трансформаторов, работающих на частотах до 1—3 *Мгц*.

Оксиферы с малой магнитной проницаемостью (Оксифер РЧ-15, Оксифер РЧ-12, Оксифер РЧ-10 и Ф-15) применяют для изготовления сердечников катушек индуктивности, работающих на частотах до 50 *Мгц*.

Нужно иметь в виду, что фактическая величина магнитной проницаемости ферритового (оксиферового) сердечника может отличаться от марочной на ±10÷12%.

Маркировка ферритов производственной марки «Оксифер» приведена в табл. 13-5.

Таблица 13-5

Маркировка ферритов

Марка феррита	Маркировочный знак буквенный и цветной
Оксифер М-3000	М3; красный
Оксифер М-2000	М2; красный
Оксифер М-1000	М1; красный
Оксифер-2000	Две белые полосы
Оксифер-1000	Белая полоса
Оксифер-600	Две желтые полосы
Оксифер-500	Желтая полоса
Оксифер-400	Четыре красные полосы
Оксифер-200	Две красные полосы
РЧ-50	Две красные точки
РЧ-25	Красная точка
РЧ-15	Две голубые точки
РЧ-10	Голубая точка

РАЗДЕЛ ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ И ПАЙКА

14-1. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И ПЛАСТМАСС

Измерительный и разметочный инструмент

Для разметки плоскостей служит гибкая металлическая линейка длиной до 500 *мм*. Точность измерения такой линейкой порядка 0,5 *мм*. Можно пользоваться и деревянной, но точность измерения ее ниже.

Более точным измерительным инструментом является штангенциркуль с точностью измерения до 0,1 *мм* (рис. 14-1). Повышенная по сравнению с линейкой точность измерения возможна благодаря наличию у штангенциркуля нониуса.

Рис. 14-1. Измерения штангенциркулем:

а — глубины; *б* — внешнего диаметра цилиндрической детали; *в* — внутреннего диаметра цилиндрической детали; *г* — отсчет размера по нониусу (на рисунке установлен размер 32,3 *мм*).

Нониус представляет из себя шкалу длиной 9 *мм*, разделенную на десять равных частей (рис. 14-1, *г*). Число десятых долей миллиметра отсчитывается по шкале нониуса от его левого нулевого деления до деления, совпавшего с делением основной шкалы. Нониус крепится по подвижной губке штангенциркуля.

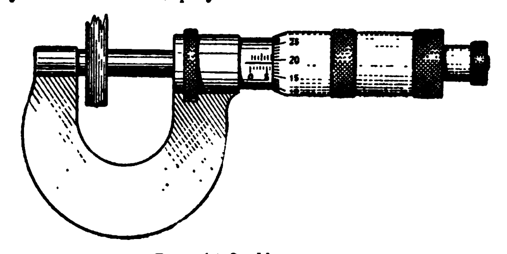


Рис. 14-2. Микрометр.

Для еще более точных измерений (с точностью до 0,01 *мм*), например измерения диаметра проводов, предназначен м и к р о м е т р (рис. 14-2).

Большая точность отсчета размеров с помощью микрометра объясняется тем, что за один оборот лимба микрометра губки его раздвигаются на

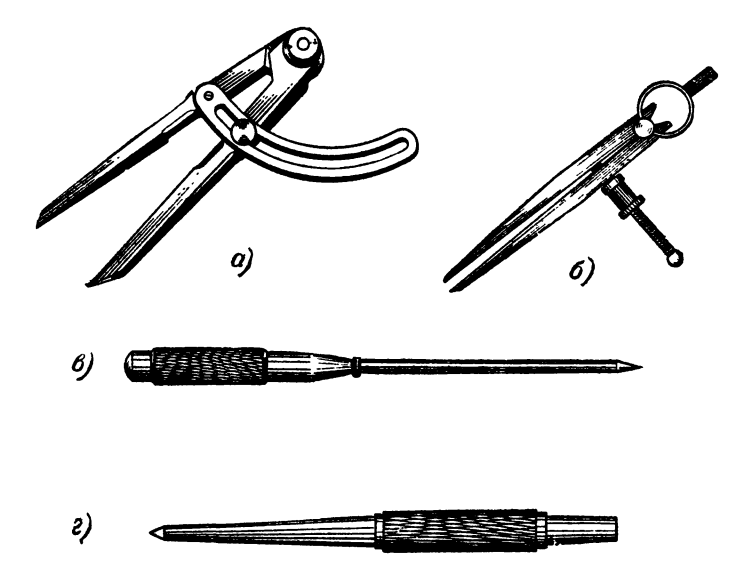


Рис. 14-3. Разметочный инструмент.
а, б — циркули; *в* — чертилка; *г* — кернер.

0,5 *мм*, а на лимбе имеется 50 делений; таким образом, каждому делению лимба соответствует перемещение губки на 0,01 *мм*.

Радиолюбителю надо также иметь угольник, разметочный циркуль, чертилку и кернер (рис. 14-3), которые используются для разметки плоскостей.

Рубка, правка, гибка и резка металла

Рубка металла производится в тисках при помощи зубила и молотка (рис. 14-4). Если нужно прорубить узкую канавку, то это делают при помощи крейцмейселя — узкого зубила. Часто приходится разрубать листовой металл или вырубать по контуру. Прямые участки разрубают плоским зубилом, криволинейные — зубилом с закругленным лезвием, так как при рубке обычным зубилом линия отруба получается ступенчатая. Большие листы рубят на наковальне или стальной плите.

Правку листового металла производят деревянным молотком (киянкой) на плите или ровной доске (рис. 14-5,*а*). Если нет деревянного молотка, то применяют обычный молоток и правят через деревянный или текстолитовый брусок (рис. 14-5,*б*).

Гибку листового и пруткового металла (рис. 14-6) производят в тисках. Если изгибается мягкий металл, то применяется деревян-

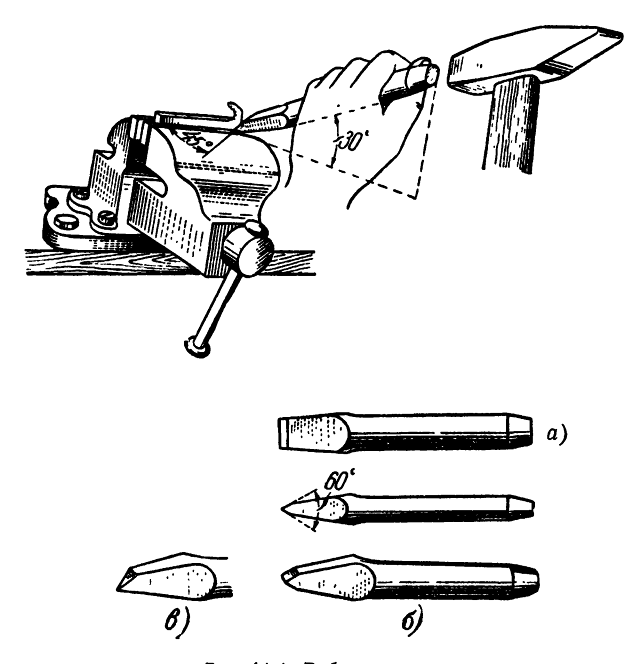


Рис. 14-4. Рубка в тисках.
а — зубило (в двух проекциях); *б* — крейцмейсель прямой; *в* — крейцмейсель треугольный.

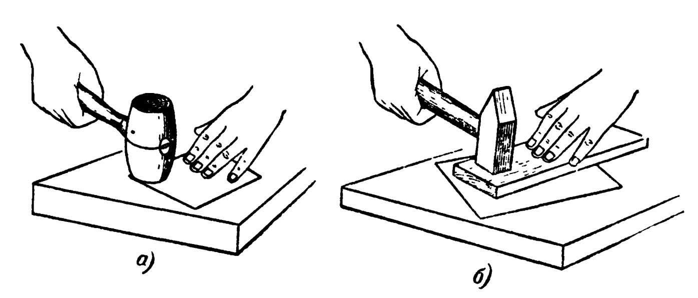


Рис. 14-5. Правка листового материала на плите.
а — деревянным молотком (киянкой); *б* — стальным молотком.

ный молоток. Часто гибка производится при помощи круглогубцев и плоскогубцев.

Резку листовой стали толщиной до 1,0 *мм*, меди и латуни до 1,5 *мм* можно производить н о ж н и ц а м и (рис. 14-7). Более толстые листы и прутки режут н о ж о в к о й (рис. 14-8). Если ножовкой приходится

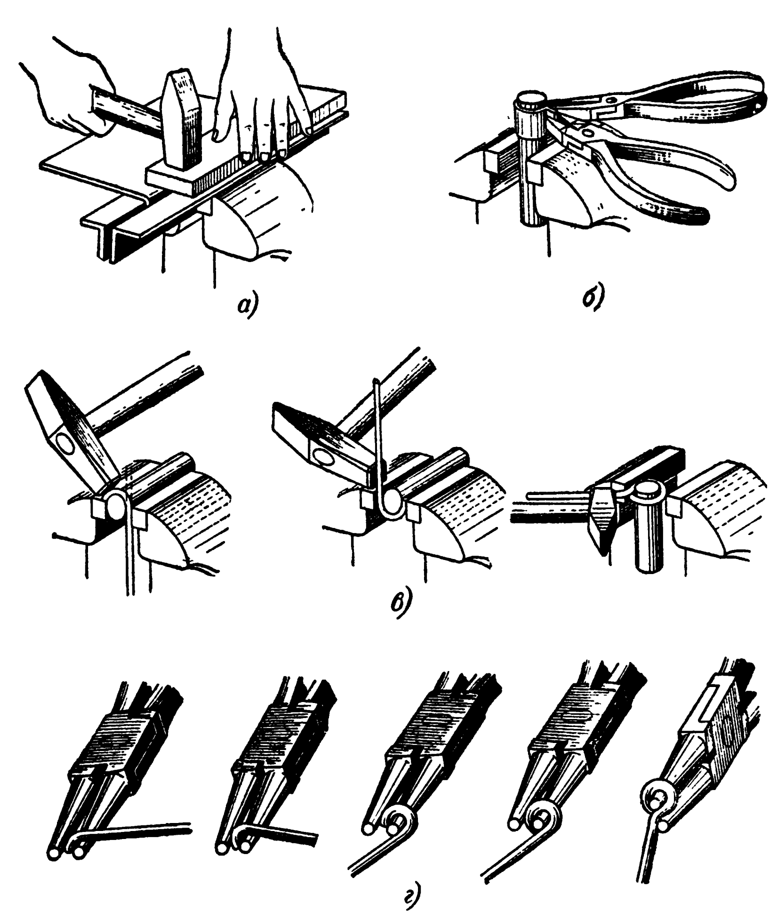


Рис. 14-6. Приемы гибки.

а — гибка при помощи молотка и двух стальных уголков; *б* — изготовление хомутика из листового материала при помощи оправки и плоскогубцев; *в* — изготовление ушка из толстой проволоки с применением тисков; *г* — последовательность операций при выгибании ушка при помощи круглогубцев.

резать тонкие листы, то их зажимают между деревянными прокладками и режут вместе с прокладками. Ножницами режут точно по разметке, не оставляя припусков на последующую опиловку. При резке ножовкой следует оставить припуск 0,5—1,0 *мм*.

Для выпиливания из листового металла деталей сложной конфигурации применяют л о б з и к с пилками по металлу (рис. 14-9).

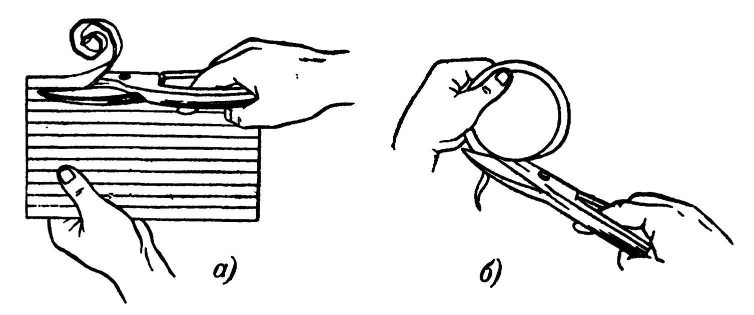


Рис. 14-7. Резка деталей из листового материала слесарными ножницами.
а — резка полос; *б* — изготовление круга.

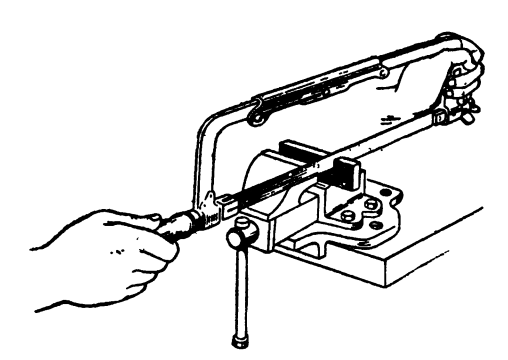


Рис. 14-8. Резка ножовкой.

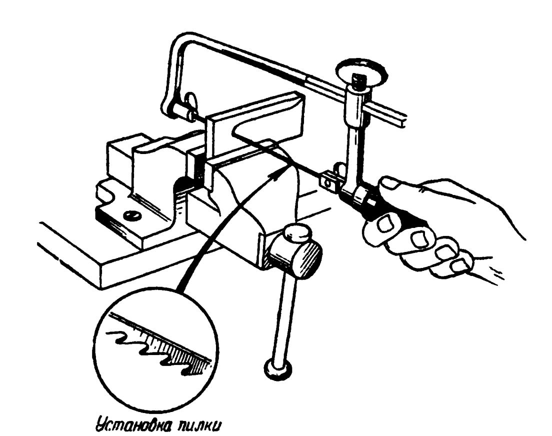


Рис. 14-9. Работа лобзиком по металлу.

Опиливание

Опиливание производится напильниками (рис. 14-10). Драчевые напильники (с крупной насечкой) применяют для грубого чернового опиливания, личные (с мелкой насечкой) — для чистового опиливания, и бархатные (с очень мелкой насечкой) — для доводки, отделки

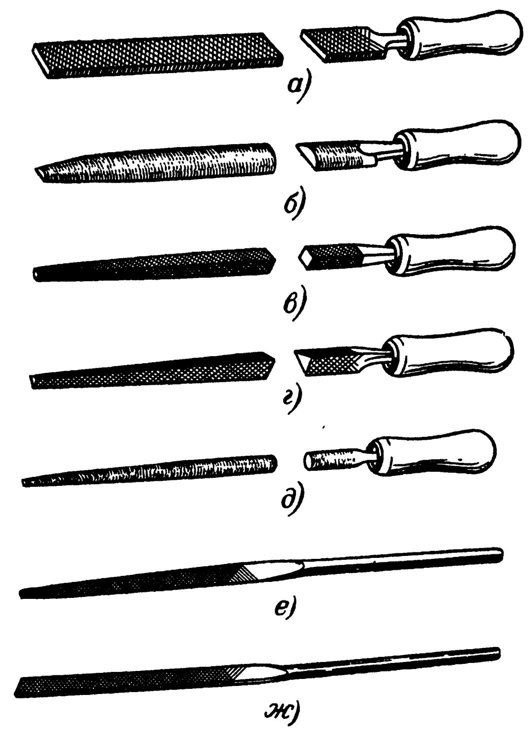


Рис. 14-10. Напильники и надфили.
а — напильник плоский; *б* — полукруглый; *в* — квадратный; *г* — трехгранный; *д* — круглый; *е* — надфиль полукруглый; *ж* — надфиль плоский (надфили изображены в относительно большем масштабе).

и шлифования. Рашпили — напильники с особо грубой насечкой — применяют для обдирки поверхности.

По форме и размерам напильники подразделяются на плоские (тупоносые и остроносые), квадратные, трехгранные, полукруглые и круглые и надфили — мелкие напильники разнообразной формы (рис. 14-10). Выбор формы и размера напильника производится в зависимости от формы и размеров обрабатываемой детали (рис. 14-11).

Нельзя ударять напильником, так как он хрупок и его можно сломать; нельзя класть напильник на напильник — от этого выкраши-

ваются зубья; нельзя обрабатывать напильником закаленные детали, так как от этого напильник очень быстро тупится. На напильник и на обрабатываемую поверхность не должно попадать масло — от этого напильник теряет режущие свойства. Напильник надо периодически очищать специальной металлической щеткой (рис. 14-12)

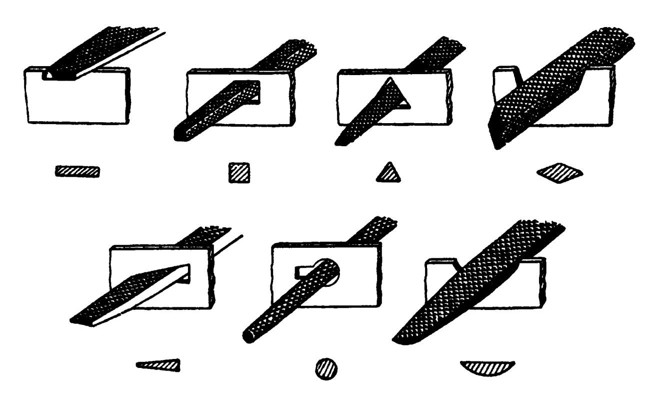


Рис. 14-11. Применения напильников различной формы.

и беречь от ржавления. Нельзя обрабатывать личны́м напильником мягкие металлы (свинец, олово), так как опилки этих металлов быстро «засаливают» напильник — забиваются в зубья.

Затупившийся напильник можно восстановить. Для этого его очищают и промывают насеченную поверхность содовым раствором (1 : 10) с помощью металлической щетки. Затем напильник погружают на 10—15 *мин* в раствор из 80% воды, 10% серной кислоты и 10% азотной кис-

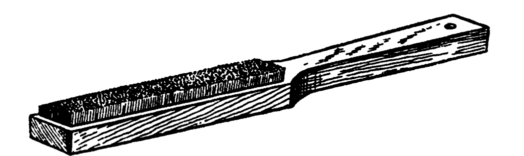


Рис. 14-12. Металлическая щетка для чистки напильников.

лоты. После травления напильник тщательно промывают в щелочном растворе и просушивают.

Приемы опиливания показаны на рис. 14-13. Вначале опиловку производят драчевым напильником, а затем доводят и отделывают личны́м напильником и шкуркой — плотной бумагой или полотном, покрытым слоем клея, на который нанесено мелко толченое просеянное стекло, корундовый или кремниевый порошок. Шкурка обозначается номерами от 12 до 280. Чем выше номер, тем мельче («мягче») шкурка и тем чище поверхность можно получить с ее помощью. Для получения очень чистой поверхности, особенно при обработке мягких металлов, личной напиль-

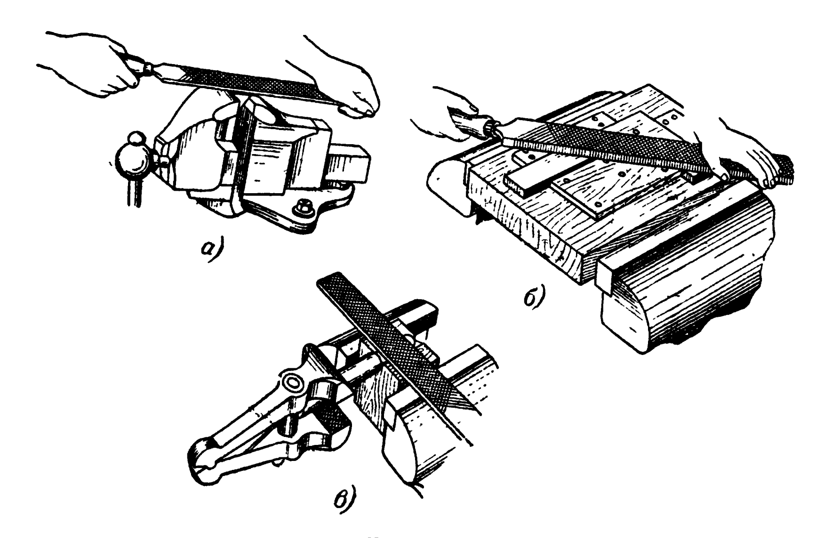


Рис. 14-13. Приемы опиливания.
а — опиливание в тисках торца детали; *б* — опиливание листового материала; *в* — опиливание валика.

ник натирают мелом. При обработке алюминия напильник натирают стеарином. Обработка шкуркой производится всухую — для получения блестящей поверхности или с маслом — для получения полуматовой поверхности. При отделке меди или алюминия шкурку натирают стеарином.

Сверление

Сверление производят спиральными или перовыми сверлами (рис. 14-14). Последние применяются редко и только при отсутствии спиральных. Для вращения сверла употребляют ручные дрели с кулачковыми зажимными патронами (рис. 14-15). Очень удобно применять электродрель.

Сверла должны быть правильно заточены. Если сверло заточено несимметрично, то отверстие получится большего диаметра и будет смещено от намеченного места. Угол при вершине сверла должен быть следующий:

Обрабатываемый материал	Угол при вершине, *град*
Электрон	110
Сталь	116
Латунь, бронза	130
Алюминий, дюралюминий	140
Эбонит, пластмасса	55

Перед сверлением центр будущего отверстия надо накернить, иначе сверло сместится. Образовавшиеся при сверлении заусенцы удаляются несколькими оборотами сверла большего диаметра.

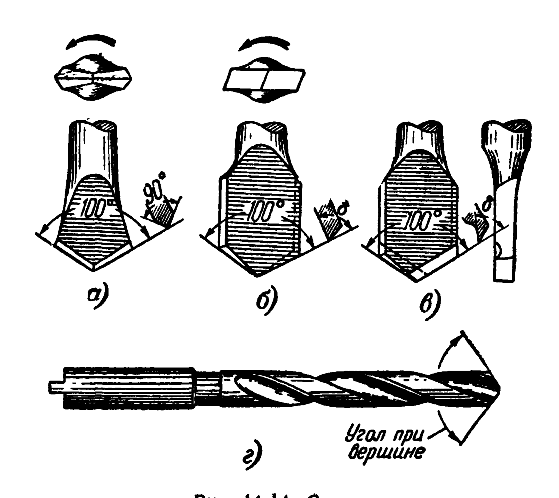


Рис. 14-14. Сверла.
а — перовое двустороннее; б — перовое одностороннее; в — перовое с галтелью (в двух проекциях); г — спиральное.

Желательно иметь набор сверл с диаметром от 0,5 до 12—15 *мм*. Если требуется получить отверстие большого диаметра или фигурное отверстие, то применяют вырубание, иногда с предварительным высверливанием по контуру (рис. 14-16).

Нарезание резьбы

Для нарезания резьбы в отверстиях применяют комплект метчиков (рис. 14-17), обычно состоящий из трех метчиков, причем номер метчика обозначается соответственно одной, двумя или тремя рисками на его хвостовике. Сначала резьба нарезается начерно метчиком № 1, затем углубляется метчиком № 2 и отделывается метчиком № 3. Для вращения метчика применяется вороток (рис. 14-17,*г*).

Для получения полноценной резьбы надо правильно выбрать диаметр отверстия под резьбу. Если диаметр отверстия велик, то резьба получится неглубокой и при ввертывании винта сорвется. Если диаметр отверстия мал, то метчик будет заедать, и его можно сломать. Отверстия под резьбу следует делать согласно табл. 14-1.

В таблице дана основная крепежная метрическая резьба, которая обозначается буквой *М*, стоящей перед числом, указывающим номинальный диаметр резьбы. Например, резьба с номинальным диаметром 5 *мм* обозначается М5 × 0,8 (последняя цифра обозначает шаг резьбы). Иногда шаг резьбы не указывают и резьбу сокращенно обозначают М5.

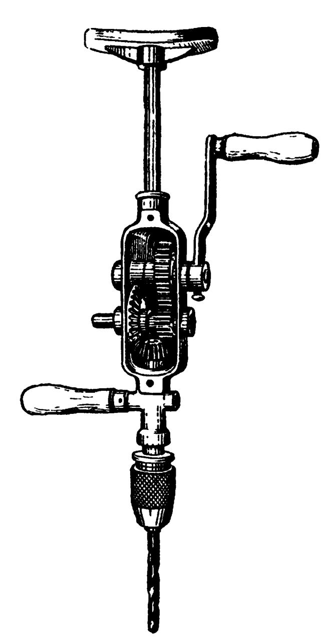


Рис. 14-15. Ручная дрель на две скорости.

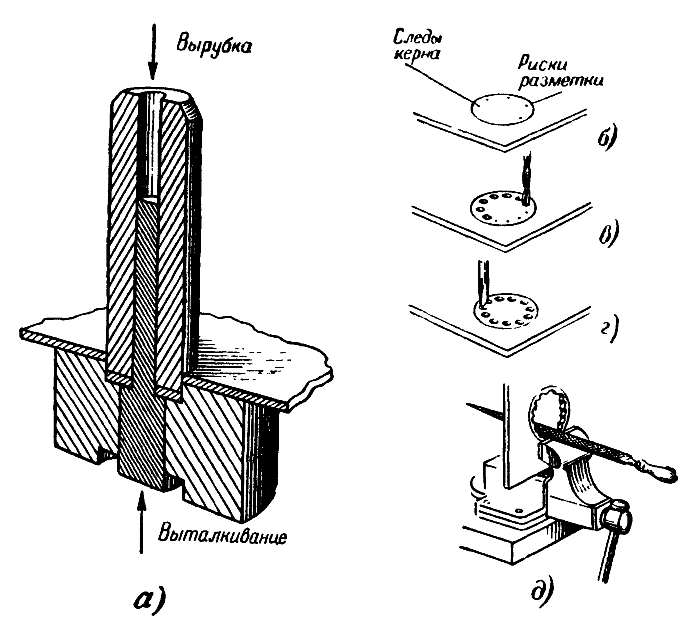


Рис. 14-16. Вырубание и выпиливание больших отверстий.

а — специальным приспособлением; *б*, *в*, *г*, *д* — последовательность операций при высверливании с последующим вырубанием и опиловкой.

Таблица 14-1

Диаметр отверстий под резьбу

Номинальный диаметр резьбы, *мм*	Шаг резьбы, *мм*	Диаметр отверстия под резьбу, *мм*	Номинальный диаметр резьбы, *мм*	Шаг резьбы, *мм*	Диаметр отверстия под резьбу, *мм*
1	0,25	0,75	3	0,5	2,5
1,2	0,25	0,95	4	0,7	3,3
1,4	0,3	1,1	5	0,8	4,1
1,7	0,36	1,3	6	1	4,9
2	0,4	1,6	8	1,25	6,7
2,3	0,4	1,9	10	1,5	8,4
2,6	0,46	2,1			

При нарезании резьбы ось метчика должна быть все время направлена по оси отверстия. Вначале метчик плавно поворачивают на пол-оборота по ходу резьбы, затем на четверть оборота в обратную сторону, чтобы сломать образовавшуюся стружку. Такие плавные повороты производят до полного нарезания резьбы. Если резьба нарезается в глухом от-

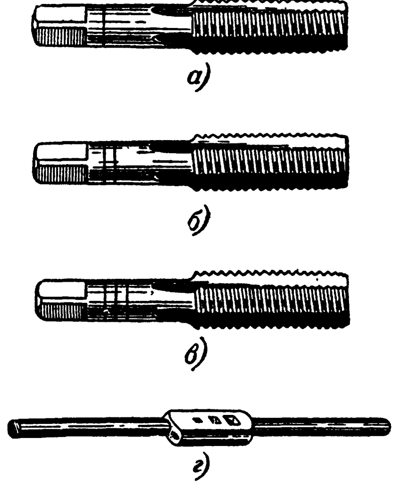


Рис. 14-17. Комплект ручных метчиков для нарезания резьбы в отверстиях (а,б,в) и вороток для вращения метчиков (г).

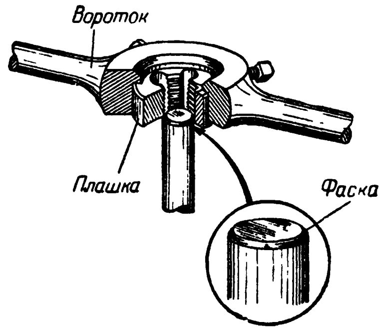


Рис. 14-18. Ручная плашка для нарезания резьбы на болтах или винтах и вороток для вращения плашки.

верстии или в толстом материале, то надо в процессе нарезания несколько раз вывертывать метчик и очищать отверстие от стружки. При нарезании резьбы в стали применяют смазку — какое-либо растительное масло (не машинное!), а при нарезании резьбы в алюминиевых и чугунных деталях — керосин.

Нарезание резьбы на винтах и болтах производится плашками (рис. 14-18), вставленными в специальные воротки. Стержень, на кото-

ром нарезается резьба, зажимается в тиски и на его конце снимается напильником фаска. Затем на нем нарезается резьба, причем приемы нарезания те же, что и при нарезании внутренней резьбы. При нарезании резьбы до М5 диаметр стержня должен равняться номинальному диаметру резьбы и быть меньше его на 0,2—0,3 *мм* при нарезании резьбы свыше М5.

Клепка

Клепка чаще всего производится алюминиевыми, латунными или медными заклепками (рис. 14-19). Пистоны обычно бывают только латунные. Приемы клепки показаны на рис. 14-20. Отверстие под заклепку должно быть больше диаметра заклепки на 0,1—0,2 *мм*.

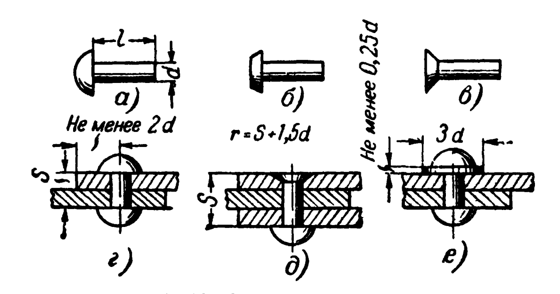


Рис. 14-19. Соединение заклепками.
а — заклепка с полукруглой головкой; *б* — заклепка с плоской головкой; *в* — заклепка с потайной головкой; *г* — односрезное заклепочное соединение; *д* — двухсрезное заклепочное соединение; *е* — склепывание металла с деревом.

Если нужно удалить заклепку, то накернивают ее головку и высверливают сверлом несколько бо̀льшего диаметра, чем диаметр заклепки.

При отсутствии готовых заклепок их можно изготовить из проволоки.

Удаление окисей с металла

Ржавчину удаляют погружением детали на сутки в керосин. После этого ржавчину счищают тряпкой, щеткой или скребком — в зависимости от толщины налета. Лучшие результаты дает насыщенный раствор парафина в керосине (раствор предварительно должен неделю отстояться). Этим раствором в течение нескольких дней смазывают заржавевшее место, а после этого тщательно протирают тряпкой, промывают в керосине или бензине, сушат и погружают на несколько часов в раствор, состоящий из 10%-ного раствора хлористого цинка в воде с добавлением 1% виннокаменной кислоты, или же в 1%-ный раствор квасцов в уксусе. После этого деталь тщательно промывают.

Для чистки меди и латуни применяется паста, замешанная на керосине и состоящая из четырех частей мела (зубного порошка) и одной части отрубей. Деталь покрывают тонким слоем этой пасты, подсушивают и растирают суконкой.

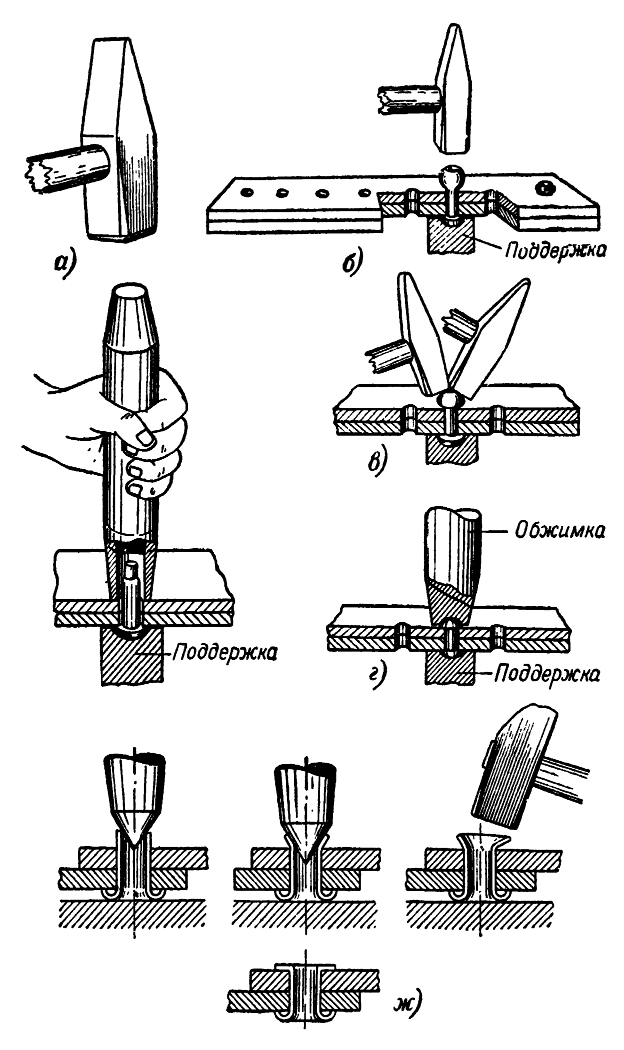


Рис. 14-20. Приемы клепки.
а, б, в, г — заклепками; *ж* — пистонами.

Алюминиевые детали смачивают 3%-ным водным раствором буры. В раствор добавляют одну-две капли нашатырного спирта. После 30 *мин* выдержки поверхность досуха вытирают и затем натирают суконкой.

Полирование, воронение и чернение

Полирование применяется для окончательной доводки металлической поверхности и придания ей зеркального блеска. Предварительно поверхность обрабатывают шлифовальными шкурками, постепенно увеличивая их номера (применяя все более мелкие шкурки), и шлифовальными порошками — порошками корунда, наждака, окиси хрома или окиси железа. Шлифование производят чурбачком из липы, основание которого слегка смачивают минеральным маслом и посыпают шлифовальным порошком.

Далее поверхность тщательно протирают чистой тряпкой для удаления остатков шлифовального порошка. Полирование производят полировальными пастами, которые наносят на тампон или тряпку и натирают поверхность до появления блеска. Если паста слишком густа, ее разбавляют керосином. Для полировки твердых металлов применяют пасту, состоящую из 15% парафина, 15% стеарина, 30% окиси хрома и 40% электрокорунда или из 33% воска, 33% стеарина и 34% окиси хрома (указаны весовые проценты).

Для полирования меди, никеля, цинка, алюминия и их сплавов, а также пластмасс можно применять пасту, состоящую из 70% венской извести, 10% воска, 10% стеарина и 10% крокуса (окиси железа) или из 40% венской извести, 12% стеарина, 2% олеиновой кислоты, 4% говяжьего сала, 2% церезина и 40% окиси хрома (указаны весовые проценты).

Воронение стали применяется для придания поверхности антикоррозийных свойств и красивого цвета. Для этого поверхность протирают минеральным маслом и, положив на железный лист, нагревают до выгорания масла и почернения поверхности.

Почернить поверхность стали можно химическим способом: деталь опускают на 5—10 *мин* в 1%-ную смесь мелко растертой серы в скипидаре. Смесь нагревают в водяной бане в стеклянной или глиняной посуде до кипения.

Окраска

Окраска металлических поверхностей необходима для защиты их от коррозии и в декоративных целях. Окрашивание производится в той же последовательности, что и при окрашивании дерева (см. § 14-2). Обычно применяют готовые грунты, например АЛГ-1 или АЛГ-5, которые сохнут на воздухе 20—25 *ч*. Загрунтованные детали можно просушивать и над электроплиткой в течение 3—4 *ч*, наблюдая за тем, чтобы обогрев был равномерным и на грунте не возникали местные потемнения, указывающие на начало обугливания.

Часто металлические поверхности окрашивают алюминиевой или бронзовой краской. Если нет готовой краски, ее можно приготовить самостоятельно. Для этого алюминиевую или бронзовую пудру (15—20%) смешивают с растворителем, в качестве которого можно применять олифу, канифольно-масляный лак № 22, битумно-масляный лак № 177, нитролаки, эмалит или раствор целлулоида в ацетоне или амилацетате.

14-2. ОБРАБОТКА ДЕРЕВА

Приемы ручной обработки дерева во многом сходны с приемами обработки металлов. Поэтому ниже рассматривается только специальный инструмент для обработки дерева.

Пилка, строгание и долбление

Пилы бывают лучковые и ножовки (рис. 14-21). Для очень мелких работ применяются лобзики (рис. 14-22). Зубья пилы должны быть соответствующим образом заточены и разведены (рис. 14-23).

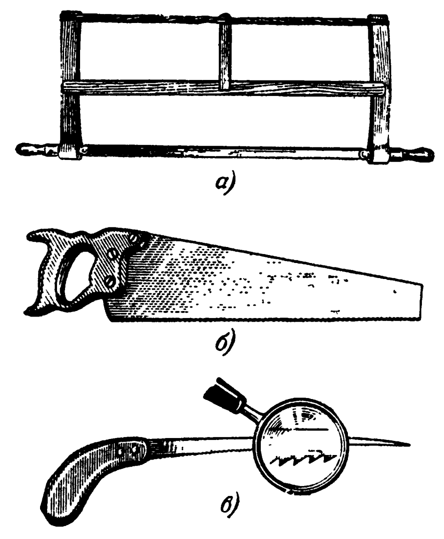


Рис. 14-21. Столярные пилы.
а — лучковая пила; *б* — ножовка; *в* — выкружная ножовка.

Строгание древесины производится при помощи шерхебеля с полукруглым ножом (предварительная грубая обдирка), рубанка с прямым ножом (чистовая обработка) и фуганка — удлиненного рубанка, применяемого для получения особо точных и больших плоскостей (рис. 14-24).

Долбление — изготовление различных пазов, фигурных или прямоугольных отверстий и т. п. производится при помощи полукруглых и прямоугольных долот (рис. 14-25).

Способы соединения деревянных деталей показаны на рис. 14-26.

Фанерование

Фанерованием называют оклеивание поверхности древесины в декоративных целях шпоном, т. е. тонким листом древесины дорогих пород дерева — ореха, красного дерева, дуба, бука и т. п. Шпон, приме-

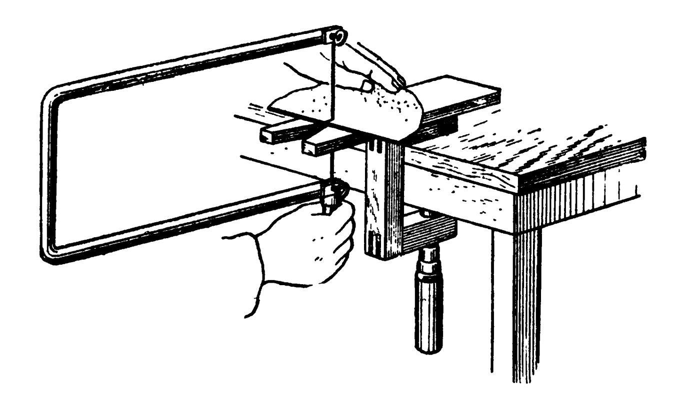


Рис. 14-22. Выпиливание лобзиком.

Движение отвертки

а)

Движение

б)

Задний угол

45°

45°

Угол заострения

в)

г)

Рис. 14-23. Разводка и заточка пилы.

а — разводка зубьев при помощи отвертки; *б* — то же при помощи разводки; *в* — правильная форма зубьев пилы; *г* — затачивание зубьев.

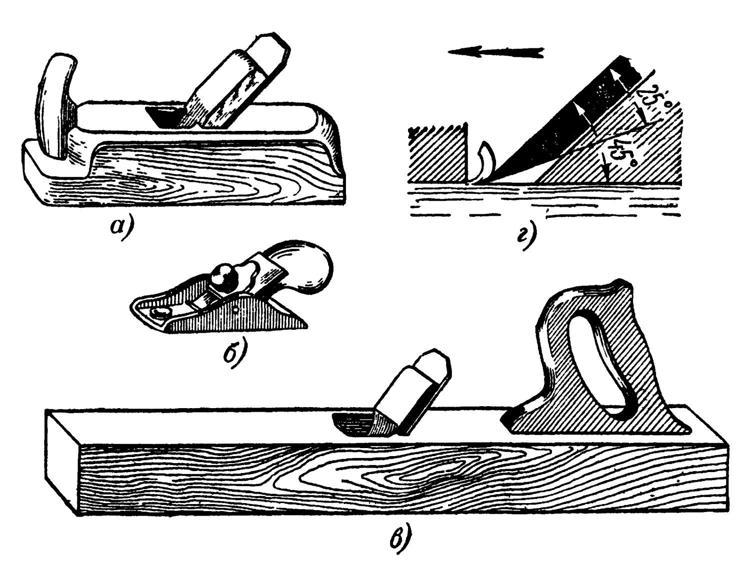


Рис. 14-24. Строгание древесины.
а — рубанок деревянный; *б* — рубанок металлический для мелких работ; *в* — фуганок; *г* — схема резания рубанком.

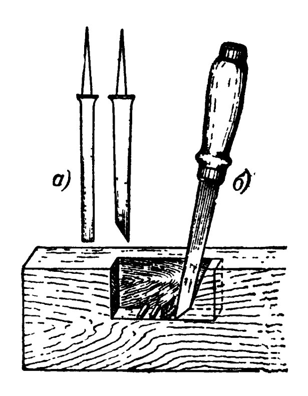


Рис. 14-25. Долбление.
а — долото прямоугольное (в двух проекциях); *б* — способ долбления.

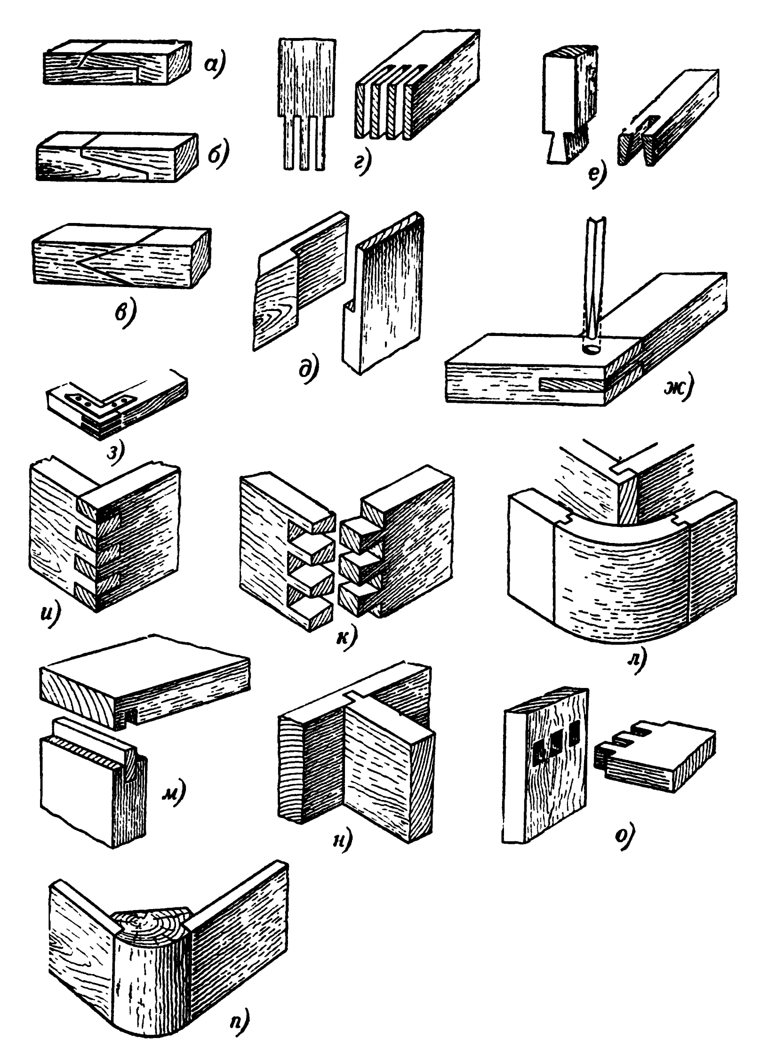


Рис. 14-26. Столярные соединения.

а — прямое в полдерева с косым стыком; *б* — косое в полдерева с прямым стыком; *в* — в клиновой замок; *г* — тройным шипом; *д* — в накладку; *е* — в «ласточкин хвост»; *ж* — при помощи нагеля; *з* — при помощи металлического угольника; *и* — прямым открытым шипом; *к* — открытым шипом в «ласточкин хвост»; *л* — в паз и гребень; *м* — в паз на вставную рейку; *н* — на прямой шпунт и гребень; *о* — прямым сквозным шипом; *п* — при помощи фигурного бруска.

няемый для фанеровки, иногда называют облицовочной фанерой. Перед фанеровкой фанеруемую поверхность подготавливают: из нее вырезают сучки и заделывают их вставками на клею, торцы фанеруемых досок заклеивают долевыми брусочками древесины. После этого всю поверхность тщательно выравнивают, но не шлифуют. Затем поверхность прострагивают цунубелем — специальным рубанком с зазубренным ножом, чтобы фанеруемая поверхность сделалась шероховатой. Это улучшит качество приклейки фанеры. Если цунубеля нет, то можно процарапать поверхность ножом или рашпилем.

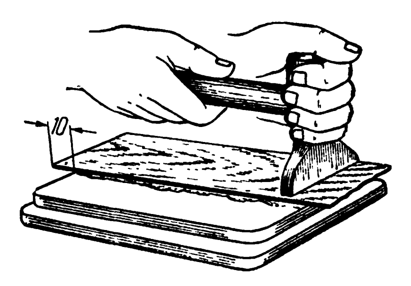


Рис. 14-27. Притирка при фанеровании.

Шпон для оклейки тщательно подбирают по рисунку и цвету и нарезают с припуском 10 *мм* на сторону. Если в листе шпона имеются дефекты, то лист соответствующим образом разрезают, торцы отдельных полос тщательно обрабатывают фуганком (профуговывают), затем собирают на ровной доске и на стыки полос с лицевой стороны наклеивают полоски бумаги или марли шириной 30 *мм*, причем клеем смазывается бумага, а не шпон.

Далее фанеруемую поверхность смазывают горячим (60—70° С) столярным клеем с густотой (отношение сухого клея к воде) 1,5 : 1 и расходом клея около 0,3 *кг* на 1 *м*² поверхности. Подготовленный лист шпона слегка смачивают теплой водой, укладывают на фанеруемую поверхность и тщательно притирают специальным молотком (рис. 14-27) от центра листа к краям, чтобы удалить из-под шпона излишки клея и пузырьки воздуха. Все дефекты: отставание шпона из-за плохой смазки клеем или его неправильной густоты, сдвиг шпона и т. п. устраняют еще до полного затвердевания клея, пока можно прогреть дефектные места, снять с них шпон, сделать вставки, ввести под шпон недостающий или выжать лишний клей.

Отделка древесины

Отделка древесины бывает двух видов: непрозрачная — при помощи красок и эмалей, применяемая для хвойных и лиственных пород, не обладающих красивой текстурой (рисунком и цветом), и прозрачная — при помощи прозрачных лаков и других лакокрасочных материалов, не закрывающих натуральный цвет и текстуру древесины. Иногда при прозрачной отделке применяют тонирование — предварительное окрашивание прозрачными красителями, которое усиливает или изменяет цвет древесины, но не закрывает ее рисунка.

Последовательность отделки древесины следующая.

Предварительная подготовка поверхности заключается в вырезании сучков и прочих дефектов и заделке их вставками на клею. Для прозрачной отделки надо подбирать материал без дефектов, а при фанерованной поверхности — удалять дефекты шпона еще до фанерования, путем соответствующего раскроя листа. После этого поверхность тщательно прострагивают, циклюют, т. е. скоблят стальной пластинкой с острым краем (так называемой циклей) и шлифуют мелкой шкуркой нескольких номеров.

Окончательная подготовка поверхности под непрозрачную отделку заключается в грунтовании — пропитывании поверхностных слоев древесины специальными составами — грунтовками — натуральной или полунатуральной олифой с добавлением до 10% красителя (охры, мумии, сурика) и до 40% скипидара для ускорения высыхания или готовыми цветными грунтовками М-138, М-138а, М-140 и М-186, состоящими из красителей, затертых на лаках из глифталевой смолы. Продолжительность их высыхания 5 *ч* при 20° С. Грунтовку наносят кистью или тампоном поперек волокон и тщательно втирают круговыми движениями. Последнюю протирку делают обязательно вдоль волокон.

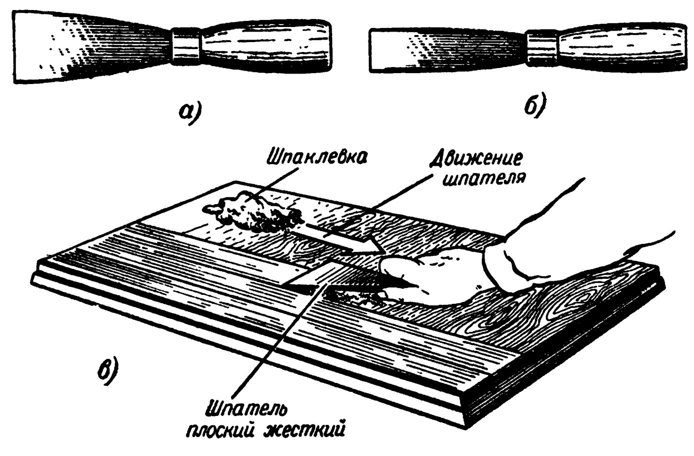


Рис. 14-28. Шпаклевание.
а — шпатель широкий; *б* — шпатель узкий; *в* — шпаклевание.

Затем поверхность шпаклюют — заполняют шпаклевкой отдельные незначительные неровности. Шпаклевки бывают густые — для заполнения отдельных местных неровностей, и жидкие — для сплошного шпаклевания.

Можно применять готовые шпаклевки: МБШ — мебельную; АШ-24, АШ-30 и АШ-32 — под нитрокраски и нитроэмали. Разбавляются они растворителями РДВ, № 647 и № 648 и нитроклеем АК-20.

Для шпаклевания набирают шпаклевку на шпатель, плотно вдавливают в углубление и разравнивают заподлицо с поверхностью (рис. 14-28). После высыхания шпаклевки поверхность тщательно шлифуют, вновь шпаклюют, если это необходимо, вновь шлифуют и т. д. до получения ровной и гладкой поверхности.

Окончательная подготовка поверхности под прозрачную отделку заключается в ее обессмоливании 25%-ным водным раствором ацетона или бензином, спиртом, скипидаром и отбеливании — удалении цветных пятен и других загрязнений 15%-ным водным раствором перекиси водорода с добавлением нашатырного спирта или хлорной известью, растворенной в воде до густоты пасты (с хлорной известью

обращаться осторожно!). Отбеливание этими растворами производится в течение 2—3 суток. После этого с поверхности удаляют ворс, для чего поверхность смачивают водой, дают ей подсохнуть и шлифуют шкурками.

Таблица 14-2

Состав шпаклевок

Составные части	Масляная, % веса	Клеевая, % веса	Масляно-клеевая, % веса	Масляно-казеиновая, % веса
Мел отмученный и краситель	70	65	65	37
Олифа	—	2	8	4
Клей костный сухой	—	3	—	—
Клей костный в растворе 1:8	—	—	27	—
Клей казеиновый в порошке	—	—	—	9
Лак подмазочный № 74	30	—	—	—
Вода	—	30	—	50

Таблица 14-3

Протравы

Химикаты	Доза, *г*, на 1 *л* воды	Цвет крашения	Примечание
Марганцевокислый калий	20—40	Красно-коричневый	—
Солянокислый анилин	100	Ярко-желтый	—
Двухромовокислый калий Марганцевокислый калий	25 25	Под орех	Сначала наносится первый раствор, через 10 *мин* второй
Медный купорос Желтая кровяная соль	От 10 до 50 100	Под красное дерево	Второй раствор наносится после высыхания первого
Хлористый анилин Хлористая медь Двухромовокислый калий	50 50 25	Под черное дерево	Сначала наносится смесь первых двух растворов, через 10 *мин* третий
Азотная кислота (концентрированная) и вода	В равных частях по весу	Красновато-желтый (только для ели и ясеня)	—

Окрашивание древесины для изменения ее цвета, не закрывающее текстуру, производится водными растворами натуральных или анилиновых красителей, а также протравами.

Под красное дерево травят (имитируют) ольху, вяз, ясень, бук, кедр, вишню, березу; под черное дерево — граб, яблоню, вишню; под орех — березу и бук; под палисандр и розовое дерево — клен. Окраска производится при помощи мягких кистей, губки, ватного тампона или пульверизатора два-три раза с пятиминутными выдержками. После просушки производят легкое шлифование поверхности, чтобы удалить поднявшийся ворс.

Непрозрачная отделка производится масляными красками, масляными эмалями и нитроэмалями. Масляные краски наносят кистями широкими жирными полосами, которые затем тщательно растушевывают в разных направлениях. Окрашивание производится в несколько приемов с сушкой каждого слоя от 12 до 24 *ч* и обязательной шлифовкой каждого слоя после высыхания мелкозернистой шкуркой или пемзой с водой или керосином.

Масляные эмали наносят примыкающими полосами, растушевки не делают, а только протирают в направлении полос широкой кистью из барсучьего волоса — флейцем. Окрашивание производится за 1—2 раза с выдержкой до 18 *ч*.

Нитроэмали наносятся примыкающими полосами без растушевки. Число покрытий — не менее двух с выдержкой 40—50 *мин*. Каждое покрытие шлифуют. Отделка получается блестящей. Можно довести до зеркального блеска полированием.

Прозрачная отделка. В нее входит олифление — поверхность при помощи кисти или тампона покрывается 2—3 раза подогретой натуральной олифой, которая образует пленку красивого темного тона с глянцем. Поверхность для такой обработки должна быть подготовлена особенно тщательно. Каждый слой олифы наносят только после того, как высохнет и будет отшлифован предыдущий. Еще лучшие результаты дает смесь олифы, скипидара и анилинового красителя.

Вощение придает поверхности мягкий блеск и четко выявляет текстуру древесины, чаще всего применяется для отделки дуба и ясеня. Приготавливают восковую мастику из 60% пчелиного воска и 40% скипидара. Мастику наносят тонким слоем поперек волокон, а затем энергично втирают тампоном или суконкой, сначала круговыми движениями, а потом вдоль волокон. Лоск наводят суконкой. После полного высыхания поверхность хорошо покрыть бесцветным спиртовым лаком.

Лакирование спиртовыми лаками производится тампоном, для чего берут ком ваты и обертывают его мягким льняным полотном или стираной марлей. Лак наливают в тампон (в вату, а не на поверхность полотна) и дают вате пропитаться, но не сильно, чтобы на лакируемой поверхности не оставалось подтеков. Лак наносят вдоль волокон примыкающими полосами в быстром темпе, не задерживая тампон на одном месте. Спиртовые лаки наносят в два-три слоя с выдержкой для сушки 40—50 *мин*. Увеличением количества слоев и шлифованием поверхности добиваются зеркального блеска. Масляные лаки наносят в 2—3 слоя с выдержкой 6—8 *ч*. Нитролаки наносят в четыре-пять слоев с выдержкой 30—40 *мин*. Для лакирования вручную нельзя применять нитролаки, предназначенные лишь для нанесения способом распыления.

Полирование по лаковому или эмалевому покрытию производится нанесением нескольких слоев шеллачной политуры. Политура, состоящая

в основном нз спирта — активного растворнтеля, сглаживает лаковую или эмалевую пленку и вместе с тем образует на поверхностн новое тончайшее наслоение смолы. В результате поверхность прнобретает зеркальный блеск. Полированне производят тампоном из мягкой шерстяной тканн, обертывая его стираным льняным полотном. Тампон должен оставлять за собой очень тонкий ровный слой полнтуры, тотчас же высыхающий. Пропитывается тампон полнтурой настолько, чтобы при довольно снльном нажатни пальцами политура только увлажняла его поверхность, а не выступала каплями. Полнровку ведут в быстром темпе круговымн движениямн тампона и заканчнвают продольнымн и поперечными восьмерками. Нельзя отрывать тампон нлн опускать его на полируемую поверхность без скользящего двнження, а также задерживать на одном месте. Чтобы облегчнть движенне тампона, на его поверхность наносят каплю вазелинового нли подсолнечного масла. Полированне производится в трн приема. Первую полировку производят с выдержкой 1—2 дня; вторую и третью — с выдержкой 3—5 дней.

14-3. КЛЕИ

Коллогеновые — костный и мездровый (столярный) клеи. Мелконарубленные куски клея замачнвают в воде в теченне 6—10 *ч*, после чего нагревают в водяной бане (рис. 14-29) до 70—80° С. Готовый клей должен иметь густоту жндкой сметаны. Выдержка скленваемых поверхностей под давлением — 3—5 *ч* при комнатной температуре и после снятия давления — 1—2 суток. Клей неводоупорен.

Белковые — к таким клеям относнтся казеиновый н крахмальный. Порошок казеина размешивается в воде при комнатной температуре около 1 *ч* до полного нсчезновения комков. Для получения жидкого клея берут 2,3 части воды на 1 часть порошка; для получения густого клея — 1,7 части воды на 1 часть порошка.

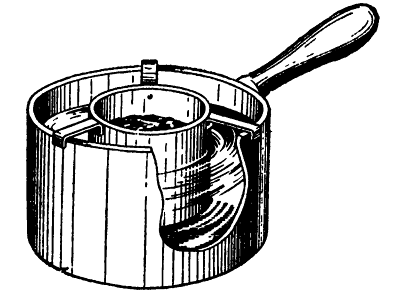


Рис. 14-29. Клеянка для варки клея в водяной бане.

Крахмальный клей приготовляется следующим образом. В 35 частей воды комнатной температуры при непрерывном перемешивании высыпают 10 частей крахмала и полученный раствор нагревают до 70° С (при этой температуре раствор делается прозрачным). Выдержка при склеивании дерева 7—12 *ч*.

Резиновый клей применяется готовый или приготовляется раствор сырого каучука в чистом бензине. Перед склеиванием поверхности обезжнривают, протирая эфиром, ацетоном или бензином (можно тщательно зачистить напильником). Склеиваемые поверхностн смазывают резиновым клеем, которому дают подсохнуть в течение 10 *мин*, после чего они соединяются и крепко прнжимаются друг к другу. Выдержка в течение 30 *мин*.

Нитроцеллюлозные клеи — к ним относятся клеи марок АК-20, АСО, выдержка без давления 18—24 *ч*, и эмалит — аэрлак А1Н первого покрытия. Целлюлозный клей можно приготовить самостоятельно из

Таблица 14-4

Применение клеев

Склеиваемые материалы	Бумага	Древесина	Кожа	Металл	Пластмасса	Резина	Стекло	Текстиль
Бумажные: бумага, картон, фибра, древесноволокнистые плиты	Ф, Н, К, Б	Ф, К, Б	ПФ, Н, Б	Ф, ПФ, КА, Б	Ф, ПФ, КА, Н, Б	Р	ПФ, КА, Р, Б	Ф, Н, Б, К
Древесные: дерево, шпон, фанера, облагороженная древесина	Ф, Н, Б, К	Ф, Б, К	ПФ, КА, Н	Ф, КА, ПФ, Б	Ф, КА, ПФ	ПФ, Р	ПФ, КА, Б	Ф, ПФ, Б, К, Н
Кожа	ПФ, Н, Б	ПФ, КА, Н, Б	ПФ, Н	ПФ, КА, Б	ПФ, КА	ПФ, КА, Р	ПФ, КА	ПФ, КА, Н
Металл	Ф, ПФ, КА, Б, Э	Ф, ПФ, КА, Б, Э	ПФ, КА, Б, Э	Ф, ПФ, КА, Э	ПФ, КА, Э	ПФ, КА, Р	ПФ, КА, Э	Ф, ПФ, Р, КА, Б
Пластмасса	Ф, ПФ, Н, Э	Ф, ПФ, КА, Э	ПФ, КА, Э	ПФ, КА, Э	Ф, ПФ, Н, Э	ПФ, КА	ПФ, КА, Э	Ф, ПФ, КА, Н
Органическое стекло	ПФ, КА, ПК	ПФ, КА, ПК	ПФ, КА, ПК	ПФ, КА	ПФ, КА, ПК	ПФ, КА	ПФ, КА	ПФ, КА, ПК
Целлулоид	КА, Н	КА, Н	КА, Н	КА	КА, Н	КА		КА, Н
Резина	Р	Р	КА, Р	КА, Р	КА	Р		КА, Р
Стекло	ПФ, КА, Б, Р	ПФ, КА, Б	ПФ, КА	ПФ, КА, Э	ПФ, КА, Э	ПФ, КА	ПФ, КА, Э	ПФ, КА, Б
Текстиль	Ф, Н, Б, К	Ф, ПФ, Н, Б, К	ПФ, Н	Ф, ПФ, КА, Р, Б	Ф, ПФ, Н, Б	ПФ, КА, Р	ПФ, КА Б	Ф, Н, Б, К

Условные обозначения клеев: К — коллогеновый; Б — белковый; Р — резиновый; Н — нитроцеллюлозный; ПК — полиметакриловый: Ф — фенольный; ПФ — поливинилацетофенольный; КА — карбинольный; Э — эпоксидный.

стружки целлулоида, растворив ее в ацетоне или амилацетате. Выдержка 18—24 *ч*.

Полиметакриловые клеи — раствор опилок плексигласа в дихлорэтане, в метиловом эфире, метакриловой кислоте, в ледяной уксусной кислоте или в муравьиной кислоте (в последних двух случаях клеи ядовиты). Выдержка при склеивании 10—18 *ч*.

Фенольные — ВИАМ-Б-3 и КБ-3. Для приготовления клея 100 частей смолы ВИАМ-Б-3 смешивают с 10 частями ацетона и затем добавляют 14 частей (для Б-3) или 18 частей (для КБ-3) керосина первого сорта. Последнюю операцию надо делать в клеянке с холодной водой, так как при этом выделяется много тепла. Клей ядовит! На склеиваемые поверхности наносят клей, делают выдержку 5—15 *мин* и только после этого соединяют поверхности. Выдержка при склеивании 6—12 *ч*.

Поливинилацетофенольные — клеи БФ-2, БФ-4 и БФ-6. Обезжиренные поверхности смазывают клеем и дают подсохнуть, затем снова промазывают клеем, соединяют и выдерживают под давлением 3—4 суток при температуре 20° С или 1 *ч* при температуре 145° С.

Карбинольные клеи — состоят из смеси карбонильного сиропа — 100 частей и отвердителя (перекиси бензола) — 2—3 части или азотной кислоты — 1—2 части. В первом случае клей применяется для склеивания металлов, во втором — для склеивания пластмасс, стекла, слюды. Кроме того, в состав клея входит наполнитель — окись цинка, сернокислый кальций или сернокислый барий — 50—75 частей. Выдержка при склеивании для клея с перекисью бензола 24 *ч* при комнатной температуре и 3—5 *ч* для клея с азотной кислотой.

Эпоксидные клеи — состоят из эпоксидной смолы, обычно марки ЭД-6, на 100 *г* которой добавляют 6,5—10 *г* отвердителя (гексаметилендиамина или полиэтиленполиамина). После смешивания компонентов продолжительность применения клея не более 1,5 *ч*. Выдержка при склеивании без давления при комнатной температуре 24 *ч*.

Применение клеев указано в таблице 14-4.

14-4. ПАЙКА

Электрические соединения в радиоаппаратуре осуществляются при помощи пайки.

Припои

Монтажная пайка производится оловянно-свинцовыми припоями. Для увеличения прочности припоев в них добавляется сурьма. Наиболее распространены припои марок ПОС-30, ПОС-40, ПОС-60 (табл. 14-5).

Таблица 14-5

Оловянно-свинцовые припои

Марка припоя	Олово, % веса	Свинец, % веса	Сурьма, % веса	Температура плавления, °С
ПОС-60	60	39	0,8—1,0	183
ПОС-40	40	58	1,5—2	210
ПОС-30	30	68	1,5—2	240
ПОС-18	18	80	2—2,5	270

Пайку крупных деталей обычно производят припоем ПОС-18 или ПОС-30.

Припой можно приготовить самостоятельно. Для этого нужные количества олова и свинца (можно обойтись и без сурьмы), нарезают мелкими кусочками, расплавляют свинец и добавляют к нему небольшими порциями олово. Когда все олово растворится, припой тщательно перемешивают и выливают в форму (рис. 14-30).

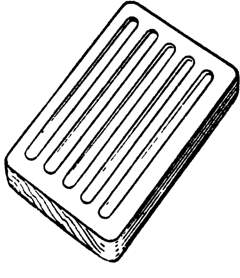


Рис. 14-30. Форма для отливки прутков из припоя.

При пайке малогабаритных деталей, транзисторов и полупроводниковых диодов следует применять легкоплавкие припои (табл. 14-6).

Для пайки алюминия или его сплавов можно использовать чистое олово или любой оловянно-свинцовый припой, но лучше применять специальные оловянно-цинковые припои, указанные в табл. 14-7.

Таблица 14-6

Легкоплавкие припои

Наименование припоя	Олово, % веса	Свинец, % веса	Висмут, % веса	Кадмий, % веса	Температура плавления, °С
ПОСК-50	50	32	—	18	145
ПОСВ-33	33,4	33,3	33,3	—	130
ПОК-56	56	—	—	44	184
Сплав Розе	25	25	50	—	94
Сплав д'Арсе	9,6	45,1	45,3	—	79
Сплав Липовица	13,33	26,67	50	10	70
Сплав Вуда	12,5	25	50	12,5	60,5

Таблица 14-7

Припои для пайки алюминия

Марка припоя	Олово, % веса	Цинк, % веса	Температура плавления, °С
Sn98, Zn2	98	2	223
Sn90, Zn10	90	10	197
Sn80, Zn20	80	20	223
Sn70, Zn30	70	30	248

Флюсы

При пайке применяется флюс. Он служит для защиты спаиваемых деталей от окисления при нагреве их во время пайки, а также для растворения пленки окислов, которая всегда имеется на металле. Благодаря

этому флюс, поддерживая спаиваемые детали чистыми, обеспечивает хорошую смачиваемость их расплавленным припоем, а следовательно, и надежную пайку.

При монтажной пайке меди и ее сплавов в качестве флюса употребляют только канифоль. Нельзя пользоваться для этой цели соляной кислотой, хлористым цинком, нашатырем и т. п., так как эти флюсы разрушают провода, окисляют места спая и приводят к нарушению электрического контакта.

Канифоль для пайки желательно брать прозрачную, чистую, светло-желтого цвета. Такая канифоль дает меньше дыма, чем канифоль красновато-бурого цвета. Очень удобно применять канифольный флюс КЭ — раствор одной весовой части мелко измельченной канифоли в двух частях денатурированного или метилового спирта.

При пайке крупных деталей (шасси, экранов, корпусов и т. п.) для повышения прочности шва и облегчения залуживания применяют кислотный флюс — водный раствор хлористого цинка. Для приготовления этого флюса в концентрированной соляной кислоте растворяют кусочки цинка до тех пор, пока цинк не перестанет растворяться. Хранят флюс в стеклянном флаконе с притертой пробкой.

После пайки остатки флюса должны быть тщательно удалены с поверхности шва во избежание коррозии. Для этого надо промыть деталь в горячей воде или хотя бы протереть шов тряпкой, намоченной в горячей воде, вытереть насухо и просушить.

Паяльники

При монтаже радиоаппаратуры обычно пользуются торцовыми электрическими паяльниками мощностью 50—100 *вт* (рис. 14-31,*а* и *б*). Рабочая часть стержня паяльника должна быть правильно запилена (рис. 14-31, *д*). После запиловки ее надо обработать личным напильником, чтобы удалить глубокие риски, а затем отковать молотком; это сделает стержень напильника менее склонным к образованию раковин. Затем надо залудить рабочую часть стержня. Для этого включают паяльник и, когда он несколько нагреется, прикасаются его рабочей частью к кусочку канифоли. Если паяльник нагрет достаточно, то канифоль расплавится и покроет тонким слоем рабочую часть стержня. Как только канифоль выгорит, надо снова погрузить рабочую часть стержня в канифоль и т. д.

Когда паяльник нагреется до температуры плавления припоя, плоскость рабочей части паяльника прикладывают к прутку припоя. Припой расплавится и растечется по ней тонким слоем. Если в каком-либо месте припой не пристанет к поверхности рабочей части, то нужно окунуть ее в канифоль и снова приложить к припою.

Если на рабочей части паяльника появятся раковины, надо вновь запилить ее и залудить.

Во время работы паяльник остается все время включенным. Поэтому надо следить, чтобы он не перегревался. Перегрев паяльника определяется тем, что при опускании его в канифоль она быстро с шипением разбрызгивается и выделяет большое количество синего дыма. Пайка перегретым паяльником получается шероховатой и темной, припой плохо держится на рабочей части паяльника, которая очень быстро покрывается черной коркой нагара и перегоревшей канифоли. Нормальным нагревом надо считать такой, при котором припой быстро плавится, хорошо наби-

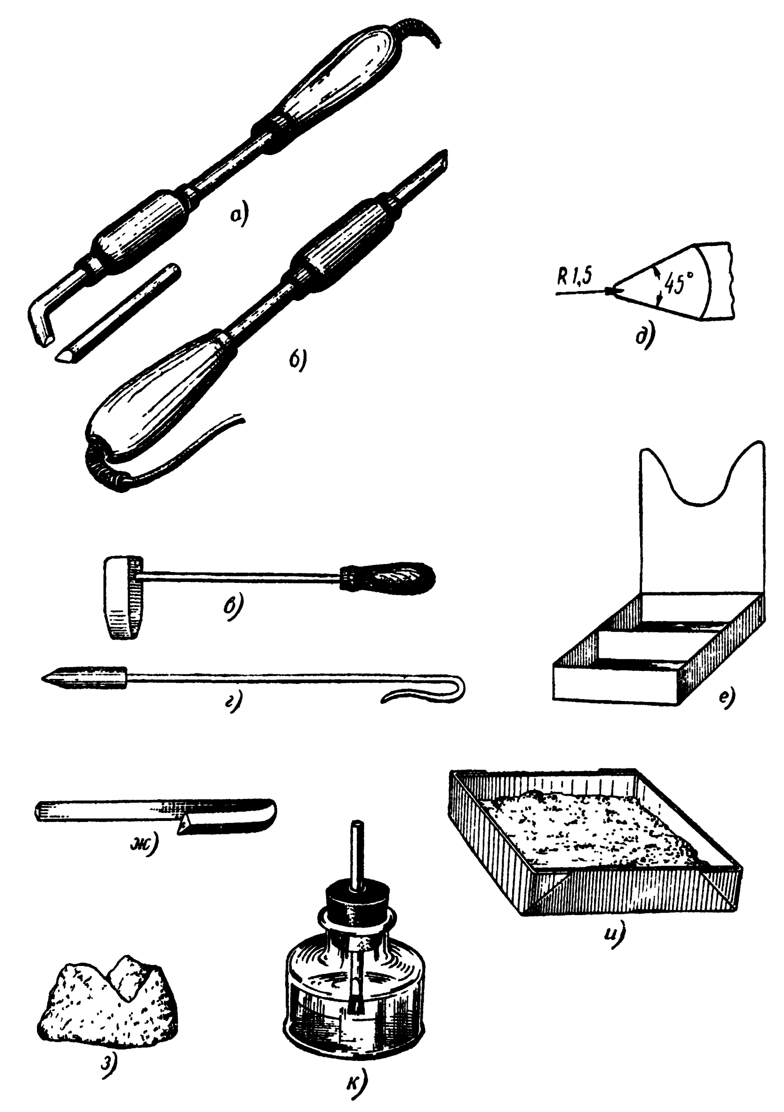


Рис. 14-31. Паяльники и паяльные принадлежности.

а, б — электрические паяльники; *в, г* — паяльники, нагреваемые на огне; *д* — форма рабочей части паяльника; *е* — подставка для паяльника с коробочками для припоя и канифоли; *ж* — пруток припоя; *з* — нашатырь в куске для чистки паяльника; *и* — алюминиевая коробка с нашатырем в порошке; *к* — стеклянная баночка с паяльной кислотой.

рается на рабочую часть стержня, а канифоль остается на ней в виде кипящих капелек.

Рекомендуется сделать подставку для паяльника с коробочками для канифоли и припоя (рис. 14-31,*е*). На дно коробочек надо положить плотную бумагу; это предохранит коробочки от загрязнения перегоревшей канифолью.

Если нет электрического паяльника, то применяют обыкновенный, изготовленный из куска красной меди и нагреваемый на огне (рис. 14-31,*в* и *г*). Для зачистки паяльника можно пользоваться кусковым или порошковым нашатырем.

Монтажная пайка

Перед пайкой радиодеталей в схему их надо подготовить: выпрямить контакты или выводы, зачистить и залудить.

Залуживание. Лепестки ламповых панелей, переключателей и т. п., а также выводы конденсаторов и сопротивлений обычно посеребрены или залужены. Их нужно почистить. Но если серебряное покрытие сильно загрязнено, потемнело или покрылось желтым налетом, то контакт или вывод надо обязательно зачистить ножом или мелкой шкуркой и залудить. Для этого горячий паяльник опускают в канифоль, набирают на него немного припоя, а затем прикасаются к залуживаемому контакту одновременно кусочком канифоли и паяльником. Как только капелька канифоли попадет на контакт, канифоль убирают, а паяльником нагревают контакт до тех пор, пока припой не покроет его ровным слоем. Чтобы контакт залудился со всех сторон, его надо поворачивать. Если применяется жидкая канифоль (спиртовой раствор КЭ), то перед лужением контакт или вывод смачивается этим раствором при помощи кисточки.

При залуживании надо обязательно следить за тем, чтобы отверстия на лепестках ламповых панелей, контактах переключателей, конденсаторов, монтажных планок и т. п. не были залиты припоем. Для этого надо наносить припой очень тонким слоем и протирать залуживаемый контакт тряпочкой до того, как припой затвердеет. Рекомендуется также набирать на паяльник возможно меньше припоя. Выводы конденсаторов и сопротивлений также надо залуживать как можно тоньше, чтобы их можно было изгибать при установке в схему. Однако это не всегда удается, поэтому лучше изгибать их до залуживания.

Пайка деталей в схему. Лепестки ламповых панелей, переключателей, контуров, контакты распределительных и монтажных планок и т. п. имеют отверстия. Для надежности соединения надо обязательно перед пайкой пропустить провод в отверстие. Когда провод вставлен в отверстие, рабочую часть стержня паяльника окунают в канифоль, набирают припой и прикладывают к месту спая. После того как это место прогреется, припой растечется по месту спая. Не следует набирать много припоя: прочность пайки от этого не улучшится. Припой должен только слегка покрыть место спая. Во время затвердения припоя детали должны быть неподвижны.

Не следует долго нагревать выводы сопротивлений и конденсаторов, так как это может изменить параметры этих деталей. Место пайки должно находиться от тела детали на расстоянии: для сопротивлений типа ВС и МЛТ не ближе 5—8 *мм*; для конденсаторов типа КСО и ПСО — 10—12 *мм*; для конденсаторов КТК и КДК — 8 *мм*; для полупроводниковых диодов и транзисторов — 8—10 *мм*. При пайке выводов

полупроводниковых диодов, транзисторов и малогабаритных радиодеталей необходимо применять теплоотвод (термоэкран) — вывод между телом детали и местом пайки зажимать плоскогубцами. Если указанные расстояния выдержать нельзя (например, при пайке сопротивления с оторванным выводом), применяют легкоплавкие припои.

Провода из константана, манганина, нейзильбера (сплавы на медной основе) паяются хорошо. Сплавы же на никелевой основе (например, нихром) плохо паяются мягкими припоями с канифолью. Поэтому пайку проводов из этих сплавов производят следующим образом. Нихромовый провод обматывают вокруг контакта, поверх делают бандаж из тонкой медной проволоки и пропаивают мягким припоем с минимальным количеством канифоли. При остывании припой благодаря усадке плотно прижмет нихромовый провод к контакту.

Особенности пайки алюминия и его сплавов

Перед пайкой деталей из алюминия и его сплавов их зачищают скребком или стальной щеткой и нагревают. Если деталь небольшая, то для нагрева используют паяльник мощностью до 100 *вт*; если деталь крупная, то ее нагревают на электроплитке мощностью до 600 *вт*. Когда деталь прогреется, на место пайки наносят припой, растирая пруток припоя по поверхности детали, и вновь энергично зачищают поверхность сквозь слой расплавленного припоя. Излишек припоя стирают тряпкой. Залуженные таким образом поверхности паяют, как обычно, с применением в качестве флюса стеарина или без флюса. Оловянно-цинковые припои подвержены действию коррозии. Поэтому места пайки на алюминии необходимо покрыть лаком.

РАЗДЕЛ ПЯТНАДЦАТЫЙ
МОНТАЖ РАДИОАППАРАТУРЫ

15-1. ВИДЫ МОНТАЖА

Монтажом радиоаппаратуры называют размещение радиодеталей на шасси, крепление их к шасси (механический монтаж) и электрическое соединение их выводов (электрический монтаж).

Применяют следующие виды монтажа:

1. Свободный (плоскостной) монтаж, когда все детали размещены на одном плоском шасси. Этот вид монтажа наиболее широко распространен как в заводской, так и радиолюбительской аппаратуре.

2. Объемный монтаж, когда радиодетали заполняют весь объем прибора (блока) в несколько этажей. Такой вид монтажа используют в специальной радиоаппаратуре, а радиолюбители применяют редко, так как в этом случае затруднен доступ к радиодеталям.

3. Блочный монтаж характеризуется разделением всего устройства на ряд отдельных блоков. Такой монтаж все чаще применяют в телевизорах и других сложных радиоустройствах. Внутри каждого блока монтаж может быть свободным, объемным или печатным (см. ниже).

Если для электрического соединения радиодеталей используется жесткий провод или проволочные выводы самих деталей, монтаж называется жестким. Когда же применяется гибкий изолированный провод, монтаж называется мягким.

Кроме того, начинает широко применяться печатный монтаж. При этом способе монтажа радиодетали укрепляют на гетинаксовой плате (панели), а соединения между ними осуществляют плоскими проводниками, прикрепленными к одной стороне платы.

Изготовление печатных плат может быть следующим: на фольгированный гетинакс (гетинакс, обклеенный медной фольгой) наносится типографским способом (почему он и называется «печатным») рисунок печатного монтажа, после чего плата погружается в травящий раствор. В местах, не защищенных краской, фольга вытравливается, и на плате остаются проводники, которые были защищены краской.

Этот вид монтажа используется главным образом в малогабаритной аппаратуре, например в аппаратуре на полупроводниковых приборах. Использование печатного монтажа позволяет механизировать промышленное изготовление радиоаппаратуры, а в радиолюбительских условиях — создавать надежную радиоаппаратуру.

Часто два или несколько видов монтажа комбинируют.

При изготовлении радиоаппаратуры нужно правильно расположить радиодетали на шасси, надежно их укрепить и правильно смонтировать электрическую схему. Невыполнение этих условий может привести к тому, что изготовленный радиолюбителем радиоаппарат будет работать плохо или совсем не будет работать.

15-2. РАЗМЕЩЕНИЕ РАДИОДЕТАЛЕЙ НА ШАССИ

При монтаже радиоаппаратуры в радиолюбительских условиях могут быть два случая:

1) радиолюбитель имеет готовое шасси подходящих размеров;
2) шасси должен сконструировать сам радиолюбитель.

В первом случае, размещая радиодетали на шасси, надо стремиться использовать имеющиеся в нем отверстия (особенно отверстия для ламповых панелей).

Во втором случае на куске миллиметровой бумаги вычерчивают прямоугольник, приблизительно соответствующий размеру шасси, и располагают на нем радиодетали или их силуэты, вырезанные из бумаги или картона, в таком порядке, в каком предполагается смонтировать их на шасси (рис. 15-1).

Типы сопротивлений и конденсаторов, которые нужно применить при монтаже различных каскадов радиоприемника, выбираются по табл. 12-12 (стр. 478) и 12-16 (стр. 490).

Общие правила размещения деталей. Радиодетали надо разместить на шасси так, чтобы соединяющие их провода были короче. Для этого электронные лампы стараются расположить в одну линию, а их панели разворачивают так, чтобы анодный вывод предыдущего каскада был обращен к сеточному выводу последующего. Радиодетали, относящиеся к данному каскаду, располагают вокруг ламповой панели со стороны тех ее выводов, к которым эти детали должны присоединяться.

Высокочастотная часть приемника. Катушки индуктивности ВЧ каскадов, контура гетеродина, а также детектора приемника прямого усиления располагают возможно ближе к блоку конденсаторов переменной емкости. Если применяется галетный переключатель диапазонов и катушки индуктивности больших размеров, то катушки резонансных контуров разных каскадов отделяют друг от друга металлическими эк-

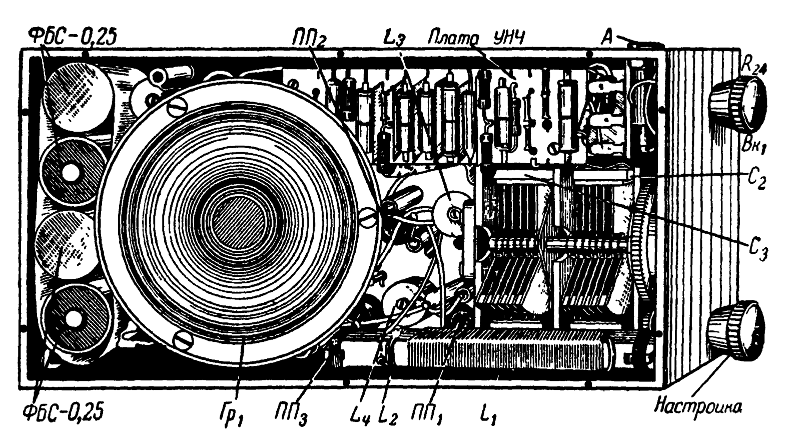


Рис. 15-1. Примеры расположения деталей на шасси приемника: вверху — лампового, внизу — транзисторного.

ранами (перегородками) или заключают в экранирующие коробки. Рекомендуется объединять катушки с переключателем в единый высокочастотный блок (рис. 15-2). Во избежание взаимного влияния неэкранированных катушек различных контуров их располагают, как показано на рис. 15-3.

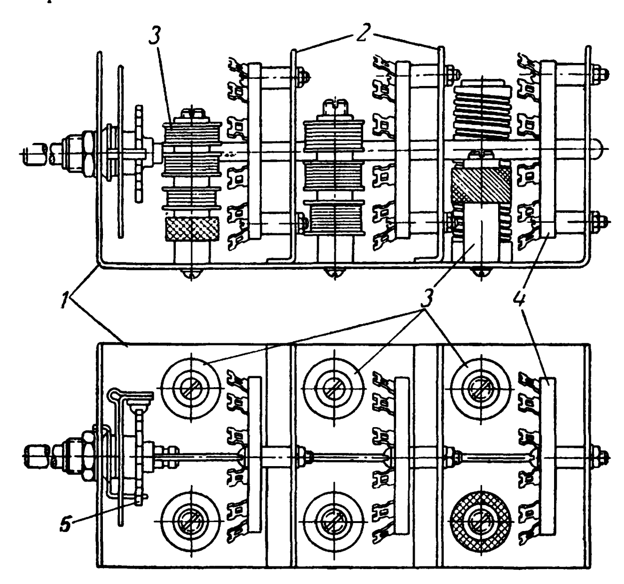


Рис. 15-2. Блок высокочастотных катушек с галетным переключателем диапазонов.

1 — основание; *2* — экранирующие перегородки; *3* — контурные катушки; *4* — плата переключателя диапазонов; *5* — фиксатор переключателя диапазонов.

Минимальная связь между не экранированными друг от друга катушками достигается при условии, если расстояния между ними будут не меньше следующих:

Для варианта рис. 15-3,*а*

$$l_1 > 4D\left(1 - \frac{b}{D}\right)\left(1 + \frac{t}{D}\right)$$

при $b \leqslant 0{,}5\,D$.

Для варианта рис. 15-3,*б*

$$l_2 > 4D - b \quad \text{при} \quad 2D > b > 0{,}5D.$$

Для варианта рис. 15-3,*в*

$$l_3 > 4D\left(1 + \frac{b}{D}\right).$$

Для варианта рис. 15-3,*г*

$$l_4 > 3D - \frac{b}{D} \quad \text{при} \quad b \geqslant D.$$

Для варианта рис. 15-3,*д*

$$l_5 > 2D\left(1 + \frac{b}{D}\right)\left(1 + \frac{b}{D}\right)$$

при $t < 0{,}5D > b$.

Для варианта рис. 15-3,*е*

$$\sqrt{l_6^2 + l_7^2} > 2D \text{ при } l_6 \approx l_7.$$

Катушки с броневыми карбонильными или ферритовыми сердечниками можно не экранировать, так как их магнитные поля практически сосредоточены внутри сердечников.

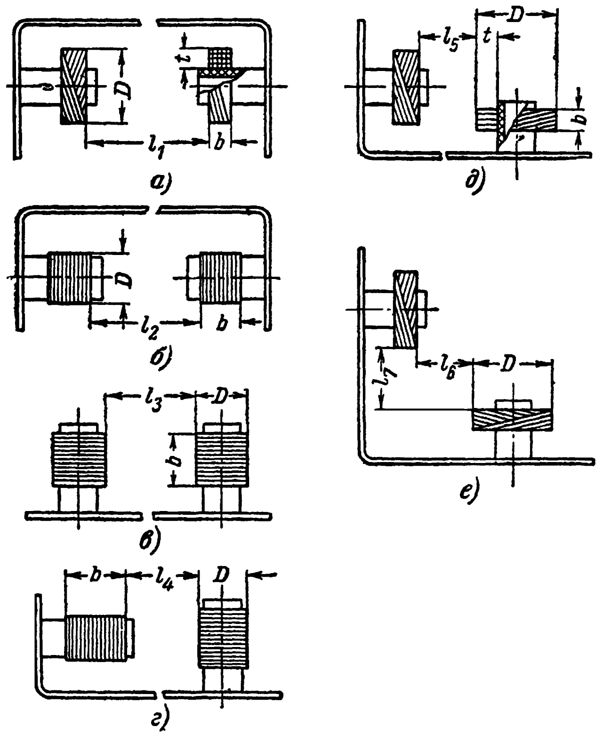


Рис. 15-3. Варианты взаимного расположения катушек индуктивности, относящихся к различным колебательным контурам.

При применении клавишного переключателя диапазонов (см. § 12-3) и катушек индуктивности с карбонильными или ферритовыми сердечниками их располагают на плате переключателя. Экранировки катушек в этом случае также не требуется.

Катушки индуктивности, особенно катушки контура гетеродина, нельзя размещать близко к лампам и другим выделяющим большое количество тепла деталям, так как нагрев этих катушек не только приводит к изменению частоты контура при изменениях температуры, но вообще ухудшает его параметры.

Особенно чувствительны к повышению температуры полупроводниковые диоды, транзисторы и электролитические конденсаторы. Поэтому

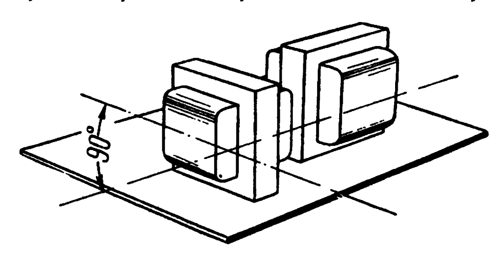


Рис. 15-4. Правильное взаимное расположение трансформаторов НЧ.

их нельзя располагать около ламп, трансформаторов и других нагревающихся радиодеталей.

Усилитель НЧ. Каскады усилителя НЧ размещают обычно ближе других каскадов к выпрямителю, однако лампу первого каскада этого усилителя нельзя устанавливать вблизи силового трансформатора, иначе трудно будет избавиться от фона переменного тока.

Если в радиоустройстве имеется несколько трансформаторов НЧ, их размещают возможно дальше друг от друга, при этом оси их катушек должны быть расположены под прямым углом (рис. 15-4).

О размещении селеновых столбов см. § 11-4.

15-3. КРЕПЛЕНИЕ РАДИОДЕТАЛЕЙ

Для выполнения работ по креплению радиодеталей при их электрическом монтаже необходим набор инструмента, показанный на рис. 15-5. Кроме того, нужен паяльник (см. § 14-4).

Радиодетали, имеющие ушки, фланцы, лапки и т. п., а также экраны и расшивочные платы прикрепляют к шасси винтами с гайками, заклепками или пистонами (рис. 15-6, 15-7).

Для радиодеталей, не имеющих элементов крепления, но по своей конструкции требующих жесткого крепления на шасси, изготовляют скобы, хомуты и т. п., которые прикрепляются к шасси заклепками (см. § 14-1).

Крепление электролитических конденсаторов КЭ-2, переменных сопротивлений и некоторых типов октальных ламповых панелей осуществляют так: в шасси сверлят или прорезают отверстие, в которое пропускают шейку (втулку) детали и на нее с обратной стороны панели навинчивают гайку (рис. 15-6,*г*).

Трансформаторы НЧ, ПЧ и некоторые другие детали крепят лапками, пропущенными через круглые или прямоугольные отверстия в шасси и загнутыми с обратной стороны (рис. 15-6,*ж*).

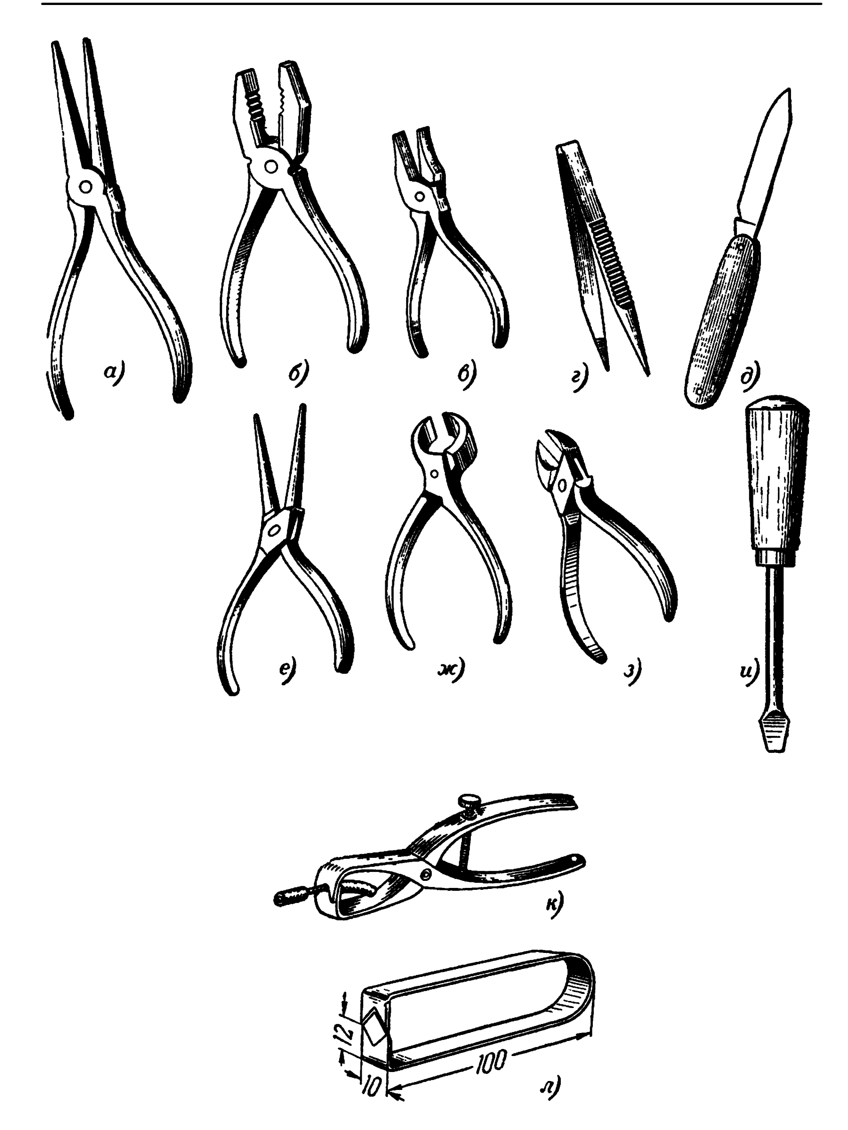


Рис. 15-5. Монтажный инструмент.

а — плоскогубцы «утиный нос»; *б* — плоскогубцы комбинированные; *в* — плоскогубцы малые без насечки на губках; *г* — пинцет, *д* — нож; *е* — круглогубцы; *ж* — кусачки торцовые; *з* — кусачки боковые; *и* — отвертка; *к* — кусачки специальные для снятия изоляции с проводов; *л* — приспособление типа «пинцет» для снятия изоляции с проводов.

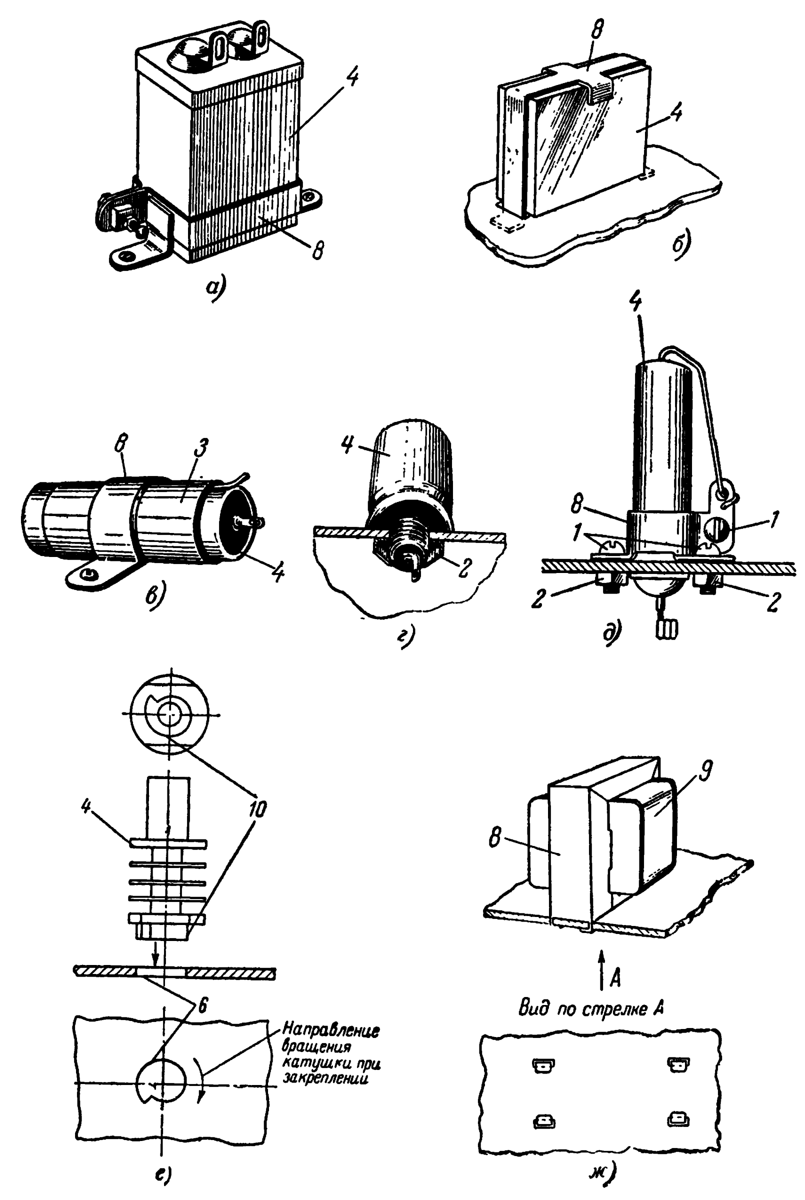


Рис. 15-6 (пояснения см. на обороте).

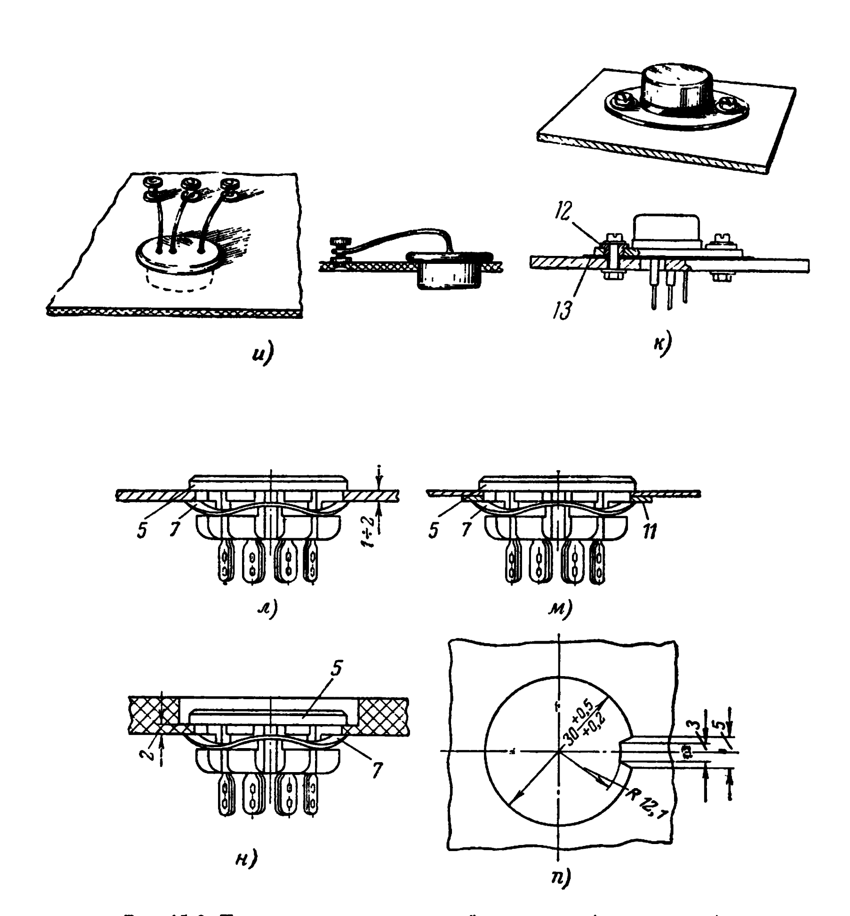


Рис. 15-6. Примеры крепления деталей на шасси (продолжение).

а — крепление конденсатора в плоском корпусе скобой и пистонами (винтами); *б* — то же скобой с отгибающимися лапками; *в* — крепление конденсатора КЭ-1 скобой и винтом (пистоном); *г* — крепление конденсатора КЭ-2; *д* — крепление конденсатора КБГ-М1 или МБГЦ-1 скобой и винтами; *е* — фрикционное крепление катушки; *ж* — крепление дросселя с сердечником из электротехнической стали, силового или выходного трансформатора скобой с отгибающимися лапками; *и* — крепление маломощного транзистора; *к* — крепление мощного транзистора; *л* — крепление октальной ламповой панели пружинящим кольцом; *м* — то же на шасси из металла толщиной меньше 1 *мм*; *н* — то же на шасси из изоляционного материала толщиной более 2 *мм*; *п* — размеры посадочного отверстия в шасси под стандартную октальную ламповую панель.

1 — винт или пистон; *2* — гайка; *3* — изоляционная прокладка; *4* — конденсатор или катушка; *5* — ламповая панель; *6* — отверстие в шасси; *7* — пружинящая шайба; *8* — металлическая скоба; *9* — трансформатор; *10* — фрикционный замок; *11* — шайба; *12* — изоляционная шайба; *13* — слюдяная прокладка.

Для крепления октальных ламповых панелей применяют пружинные кольца (рис. 15-6, *л*). Если панель нужно укрепить к шасси, сделанному из материала толщиной менее 1 *мм*, под пружинное кольцо необходимо подложить шайбу (рис. 15-6, *м*). Если же панель должна быть укреплена на плате толщиной более 2 *мм*, отверстие делается с уступом (рис. 15-6, *н*).

Для крепления контурных катушек широко применяют фрикционные замки. Нижнюю часть каркаса катушки, скрепляемую с платой, выполняют в виде спирали Архимеда (рис. 15-6, *е*). Отверстие в шасси делают фасонным такой же формы, как и выступ каркаса катушки.

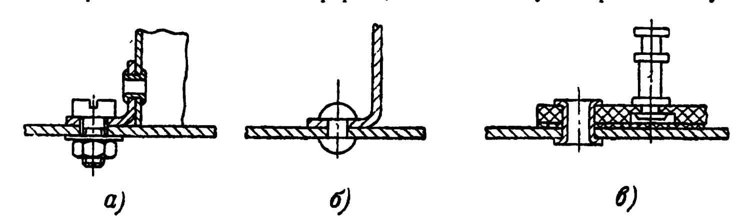


Рис. 15-7. Примеры механического соединения элементов конструкции радиоаппарата. *а* — крепление экрана к шасси винтом с гайкой; *б* — то же заклепкой; *в* — крепление расшивочной (монтажной) платы к шасси пистоном.

Нижнюю часть последнего вставляют в отверстие шасси и поворачивают. При этом каркас катушки заклинивается в отверстии. Этот вид крепления имеет много разновидностей, отличающихся друг от друга в основном формой нижней части катушки и отверстия в шасси.

Броневые сердечники катушек типа СБ обычно крепят к шасси на клею БФ.

Маломощные транзисторы закрепляются в отверстии изоляционной платы при помощи клея, а их выводы припаиваются к опорным изоляторам (рис. 15-6,и). Монтаж маломощных транзисторов на печатной плате показан на рис. 15-21.

Мощные транзисторы (типа П-4) при работе нагреваются, поэтому для обеспечения хорошего теплоотвода они монтируются на металлическом шасси. При этом их фланец плотно прижимается винтами к шасси. Для электрической изоляции корпуса транзистора от шасси между последним и фланцем транзистора кладется тонкая слюдяная прокладка, а винт изолируется втулкой из изоляционного материала (рис. 15-6, *к*).

15-4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОНТАЖ

В радиоаппаратуре применяют жесткий, мягкий и печатный монтаж.

При жестком и мягком монтаже часто для удобства монтажа, более компактного размещения деталей и устранения ошибок при монтаже составляют монтажную схему — рисуют расположение радиодеталей на шасси и соединяющих их проводов (рис. 15-8).

Жесткий монтаж

Жесткий монтаж применяется преимущественно в ВЧ каскадах. Он выполняется медным голым луженым или серебряным проводом диаметром 1—1,5 *мм*.

Для выпрямления помятого монтажного провода один его конец закрепляют в тисках, а второй зажимают плоскогубцами и вытягивают. На провод можно надеть кембриковую трубку. Не следует заключать его

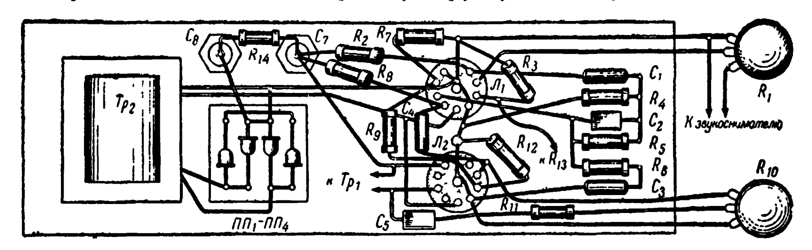


Рис. 15-8. Пример монтажной схемы.

в полихлорвиниловую трубку, так как при пайке она плавится и деформируется. Детали небольшого размера (весом до 15 *г*, например сопротивления МЛТ, ВС, конденсаторы КСО, КТК, полупроводниковые диоды Д1, Д2, ДГ-Ц) крепят непосредственно на лепестках ламповых панелей

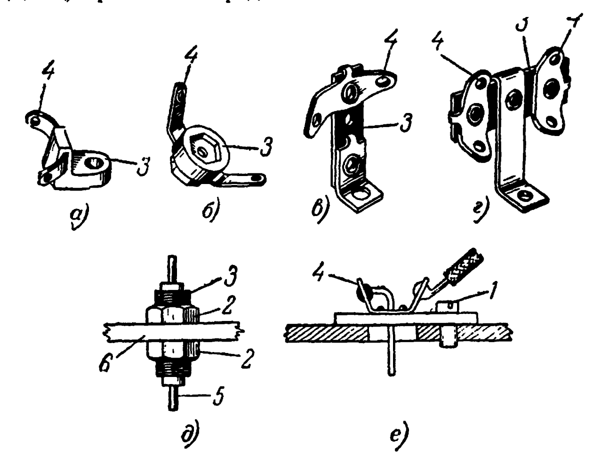


Рис. 15-9. Опорные и проходные изоляторы.

а — керамический опорный изолятор; *б* — опорный изолятор; *в* и *г* — опорные изоляторы из листового гетинакса или текстолита; *д* — проходной изолятор; *е* — простейший проходной изолятор из листового гетинакса или текстолита.

1 — винт; *2* — гайка; *3* — изоляционный материал; *4* — металлический контактный лепесток; *5* — металлический стержень; *6* — шасси.

и на выводах крупных радиодеталей. Если мелкие радиодетали не удается так укрепить, для их подвески используют опорные изоляторы — изоляционные стойки с металлическими лепестками (рис. 15-9, *а*—*г*). Когда монтажный провод нужно пропустить сквозь металлическую панель, применяют проходные изоляторы (рис. 15-9, *д* и *е*).

Концы провода при монтаже механически закрепляют в лепестках выводов радиодеталей, а затем опаивают свинцовооловянистым припоем ПОС-40 или ПОС-60 (рис. 15-10). Отвод от монтажного провода или сращивание двух его кусков делают согласно рис. 15-10, *д—ж*; места соединений тщательно пропаивают. Соединения, показанные на рис. 15-10, *б—ж*, весьма надежны. Радиолюбитель при изготовлении аппаратуры может упростить соединения, так как



Рис. 15-10. Способы механического закрепления проводов деталей перед пайкой.

а — простейшее соединение проводов; *б* — соединение с загибанием концов соединяемых проводов; *в* — соединение с помощью проволочного бандажа; *г* — соединение двойной скруткой; *д, е* — простейшие ответвления; *ж* — ответвление со скруткой; *з* — закрепление выводов сопротивлений и конденсаторов типа СГМ, КТК и т. п.

аппаратура, изготовленная им, не подвергается тряске. Такие упрощенные соединения приведены на рис. 15-10, *а, е*.

Не следует располагать близко и вести параллельно провода сеточной и анодной цепей электронной лампы. На пересекающиеся про-

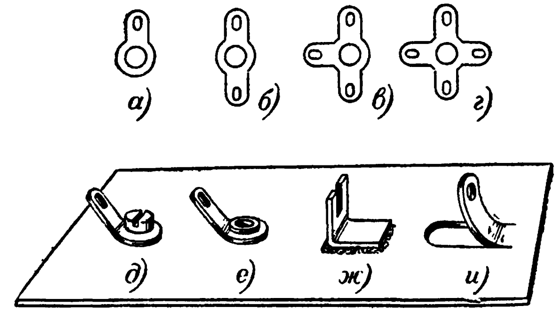


Рис. 15-11. Заземляющие лепестки.

а — г — виды лепестков; *д* — крепление лепестка винтом с гайкой; *е* — крепление лепестка пистоном; *ж* — лепесток, припаянный или приваренный к шасси; *и* — лепесток, вырубленный в материале шасси.

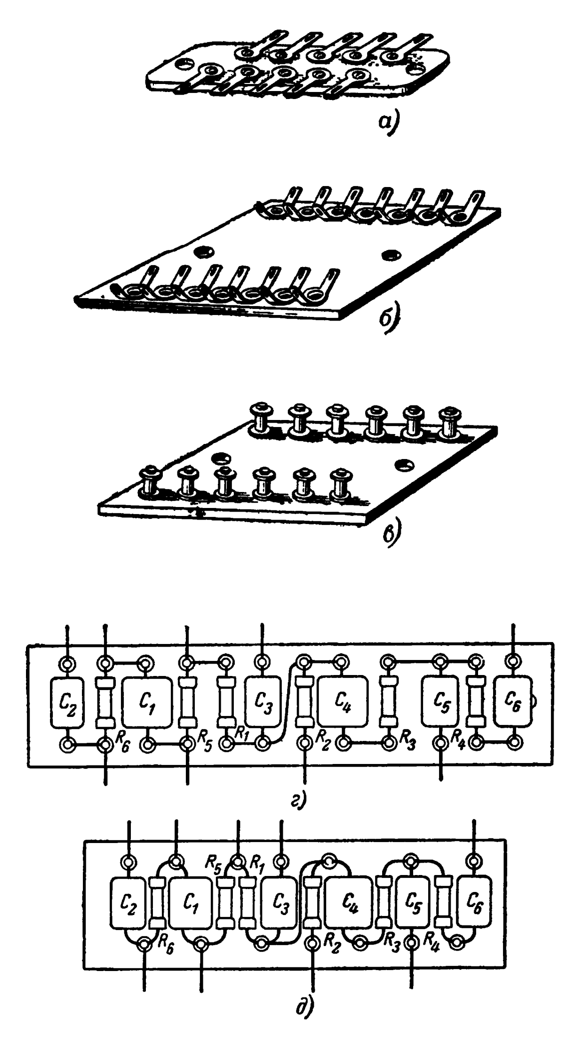


Рис. 15-12. Расшивочные панели и монтаж на них радиодеталей.

а, б — панели с лепестками из листовой латуни; *в* — панель с опорными стойками; *г, д* — примеры расположения на планках конденсаторов и сопротивлений.

вода во избежание замыкания между ними надо надевать кембриковые трубки.

Соединение выводов с шасси радиолюбители осуществляют с помощью так называемых заземляющих лепестков. Их крепят к шасси винтами с гайками, заклепками, пистонами, либо приваривают или припаивают к шасси. Иногда заземляющие лепестки вырубают в материале самого шасси и отгибают (рис. 15-11).

Мягкий монтаж

Мягкий монтаж применяют при монтаже низкочастотных цепей, цепей питания и выпрямительных устройств. Его выполняют гибким многожильным проводом (см. § 13-3). При этом мелкие радиодетали, как правило, крепят на расшивочных панелях из изоляционного материала (монтажных планках), имеющих два ряда металлических стоек или лепестков, к которым припаивают проволочные выводы радиодеталей и монтажные провода (рис. 15-12).

Размещение деталей на расшивочных панелях дано на рис. 15-12,*г*. На каждой паре лепестков крепят одну деталь, но иногда для уменьшения размеров расшивочной панели на двух парах лепестков крепят три детали (см. рис. 15-12,*д*). Применение расшивочных панелей повышает прочность крепления деталей и надежность монтажа.

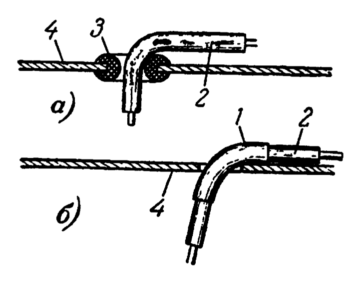


Рис. 15-13. Проход провода сквозь металлическое шасси.

а — через резиновый пистон; *б* — с защитой провода изоляционной трубкой.

1 — изоляционная трубка; *2* — провод; *3* — резиновый пистон; *4* — металлическое шасси (панель).

Во избежание повреждения изоляции монтажного провода при проходе его сквозь шасси в отверстии последнего укрепляют резиновый пистон или же на провод надевают изоляционную трубку (рис. 15-13).

Монтаж цепей накала ламп производят свитым в шнур гибким проводом в резиновой или полихлорвиниловой (винилитовой) изоляции. Для уменьшения фона переменного тока среднюю точку обмотки накала трансформатора рекомендуется заземлить.

При монтаже выпрямителя, а также в некоторых других случаях (например, коммутационные провода магнитофона) приходится вести на значительное расстояние пучок проводов. В этом случае их связывают в жгут, который укрепляют на шасси металлическими скобами с прокладками из картона или лакоткани (рис. 15-14).

Зачистка концов проводов

С концов проводов, которые нужно припаять к выводам радиодеталей, осторожно, чтобы не повредить жилы провода, снимают изоляцию. Это рекомендуется делать специальными приспособлениями (рис. 15-5,*л* и *к*). Нож применять нежелательно. При некотором навыке можно пользоваться кусачками: изоляцию провода слегка закусывают между их лезвиями и осторожно сдвигают с токоведущей жилы. В крайнем случае изоляцию снимают ножом так, как показано на рис. 15-15, стараясь не надрезать жилу.

Провод большого диаметра в эмалевой изоляции можно зачистить мелкой шкуркой или ножом. Тонкий же провод в такой изоляции надо нагреть в пламени свечи или спички, а затем быстро опустить в спирт.

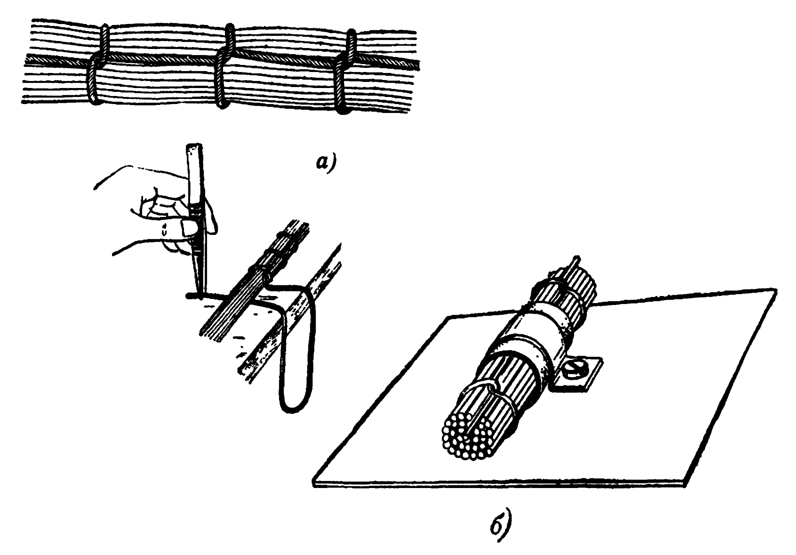


Рис. 15-14. Монтажный жгут.
а — вязка жгута; *б* — крепление жгута к шасси скобой.

Эмаль при этом разрушится и легко будет счищаться. Таким способом зачищают лицендрат. Все его жилки должны быть тщательно зачищены и спаяны вместе. Если хоть одна из них не будет соединена с остальными, добротность катушки, намотанной из лицендрата, ухудшится.

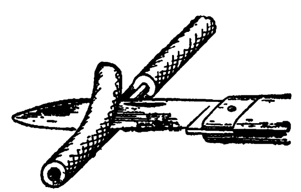


Рис. 15-15. Снятие изоляции ножом.

Оклетневка. Если провод имеет хлопчатобумажную или шелковую изоляцию, то ее разматывают на нужную длину, а затем, чтобы она не растрепалась, на нее накладывают ниточную оплетку — оклетневку (рис. 15-16). На тонком проводе оклетневку сделать трудно, поэтому изоляцию у его зачищенного конца промазывают клеем БФ.

Заделка концов экранированного провода. Ножницами или кусачками «распарывают» металлическую оплетку на нужную длину, аккуратно обрезают ее вокруг провода и закрепляют проволочным бандажом, который пропаивают (рис. 15-17, *а*). Если металлическую оплетку нужно соединить с шасси, то на расстоянии 20—30 *мм* от конца провода пинцетом раздвигают проволочки оплетки и вытягивают провод (рис. 15-17, *б*). Образовавшийся отросток оплетки скручивают (рис. 15-19, *в*), залуживают и припаивают к заземляющему лепестку шасси.

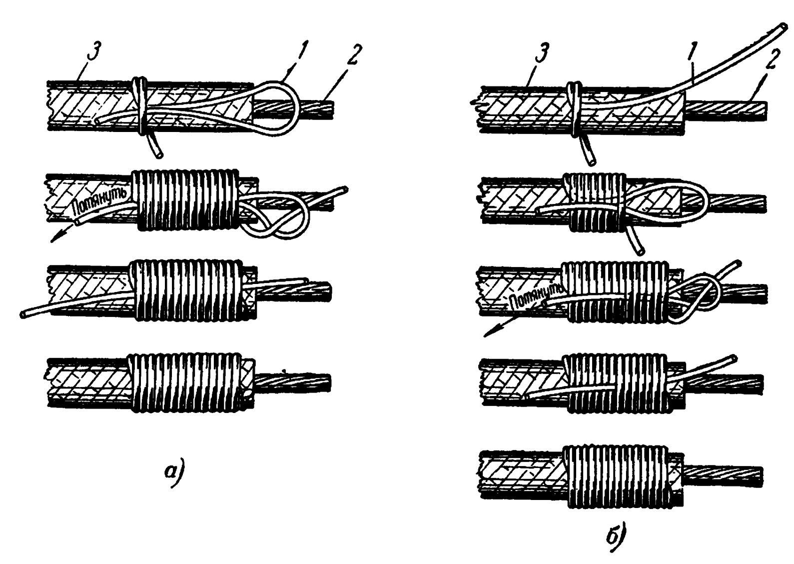


Рис. 15-16. Последовательные приемы оклетневки конца изолированного провода.
а — первый способ; *б* — второй способ.
1 — нитка; *2* — металлическая жила; *3* — изоляция.

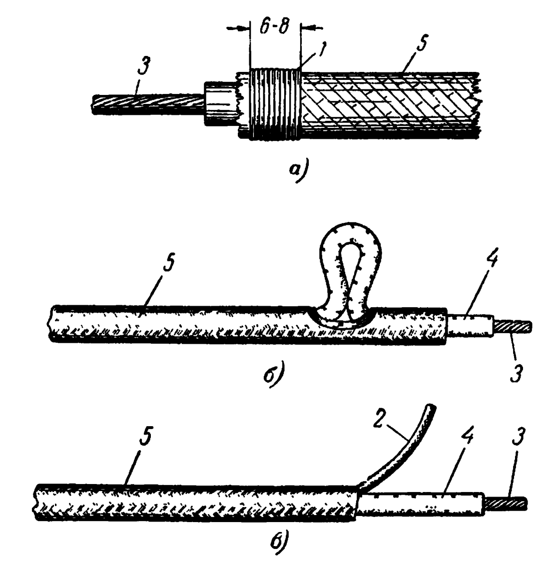
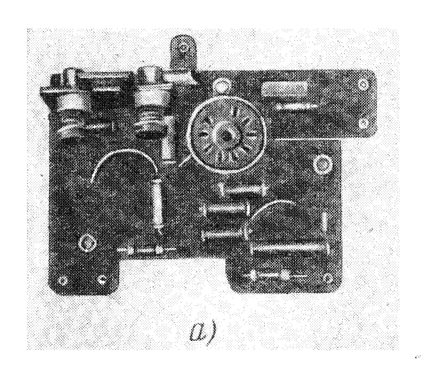


Рис. 15-17. Заделка конца экранированного провода.
а — наложением проволочного бандажа; *б*, *в* — последовательность операций при необходимости соединить с шасси оплетку провода.
1 — проволочный бандаж; *2* — вывод экранирующей оболочки; *3* — центральная жила провода; *4* — изоляция; *5* — металлическая оболочка (чулок).

Печатный монтаж

С одной стороны печатной платы расположены проводники — электрический монтаж, а с другой — радиодетали (рис. 15-18). В местах



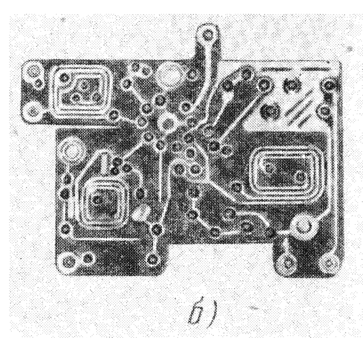


Рис. 15-18. Смонтированная печатная плата.
а — вид со стороны расположения деталей; *б* — вид со стороны монтажа.

соединений с деталями проводники расширяются и в центре расширений имеют отверстия, в которые пропускаются с обратной стороны выводы радиодеталей. Они припаиваются к проводникам.

В радиолюбительских условиях печатные платы изготавливаются так.

1. На миллиметровой бумаге вычерчивают расположение деталей и печатный монтаж.

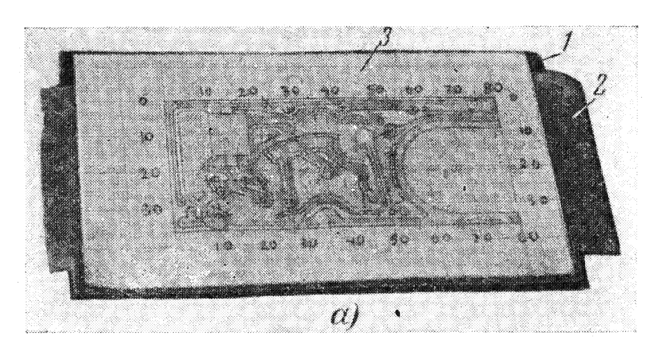
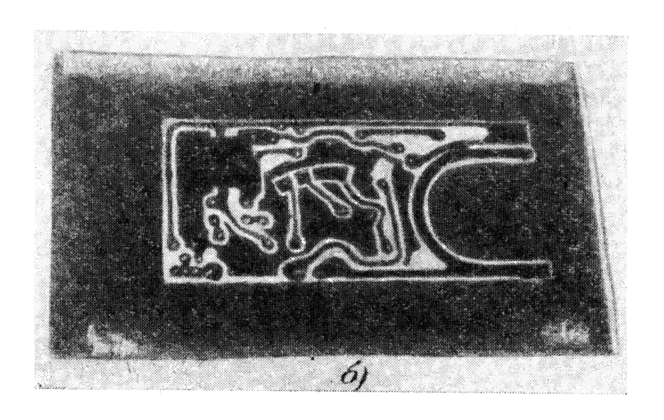
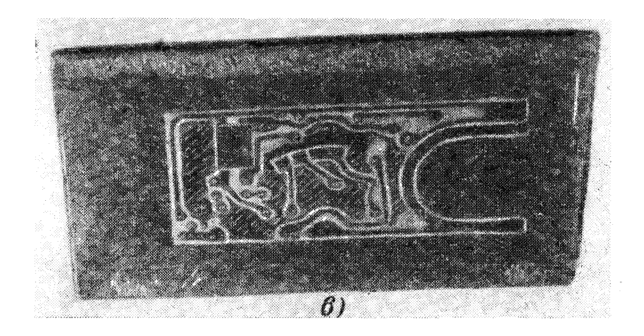


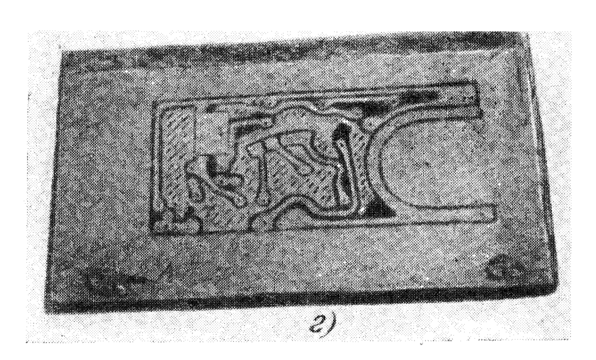
Рис. 15-19. Любительский метод травления фольгированного гетинакса.
а — перенесение рисунка печатной схемы на фольгированный гетинакс и кернение;
1 — фольгированный гетинакс; *2* — копировальная бумага; *3* — миллиметровка с рисунком печатной схемы.



б)



в)



г)

Рис. 15-19 (продолжение).

б — рисунок печатной схемы, закрашенной лаком; *в* — отретушированный рисунок печатной схемы; *г* — плата с печатной схемой после травления.

2. При помощи копировальной бумаги рисунок монтажа переносят на фольгированный, оклеенный фольгой гетинакс со стороны фольги (рис. 15-19, *а*). Фольгированный гетинакс используется заводской, марки ГФ-1 (см. § 13-1), или же он может быть изготовлен радиолюбителем.

3. В местах, где должны быть отверстия, набивают керном углубления, после чего миллиметровку и копировальную бумагу удаляют.

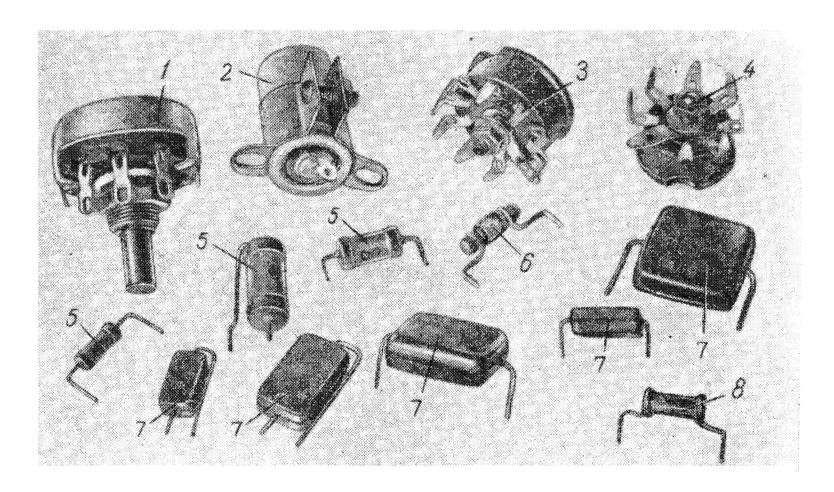


Рис. 15-20. Детали, приспособленные для монтажа на печатной плате.

1 — переменное сопротивление типа СП; *2* — электролитический конденсатор; *3* — девятиштырьковая панелька для пальчиковой лампы; *4* — семиштырьковая ламповая панелька; *5* — сопротивление типа МЛТ; *6* — германиевый диод типа Д2; *7* — конденсаторы слюдяные типа КСО; *8* — конденсатор керамический типа КТК.

4. Места фольги, которые должны оставаться на плате, закрашивают нитролаком, цапонлаком, асфальто-битумным или другим каким-либо лаком (рис. 15-19, *б*).

5. После высыхания лака плату ретушируют, т. е. подправляют (рис. 15-19, *в*).

6. Приготовляют раствор хлорного железа плотностью 1,3: в стакан емкостью 200 *см*^{3} кладут 150 *г* хлорного железа и наливают его до краев водой.

7. Плату погружают в полученный раствор, где при энергичном и непрерывном покачивании ее вытравляют в течение 50—60 *мин* (рис. 15-19, *г*). Если раствор подогреть до 40° С, плата вытравится за 10—15 *мин*.

8. Вытравленную плату хорошо промывают попеременно в холодной и в кипящей воде, обрезают по контуру и в местах углублений, набитых керном, сверлят в плате отверстия.

9. Выводы радиодеталей, которые будут укреплены на печатной плате, отгибают в одну сторону (рис. 15-20), пропускают через отверстия в плате и припаивают к печатным проводникам (рис. 15-21).

Рис. 15-21. Крепление деталей на плате с печатным монтажом.

1 — сопротивления МЛТ; *2* — опорная стойка; *3* — транзисторы типа П13 — П15; *4* — гибкий вывод; *5* — пистон; *6* — ламповые панели для семиштырьковой пальчиковой лампы; *7* — переменное сопротивление СП; *8* — транзистор, смонтированный в перевернутом положении; *9* — проволочная перемычка.

Все отверстия в плате должны располагаться в пересечениях осей координатной сетки с шагом 3 *мм*. В миниатюрной аппаратуре применяется координатная сетка с шагом 1 *мм*.

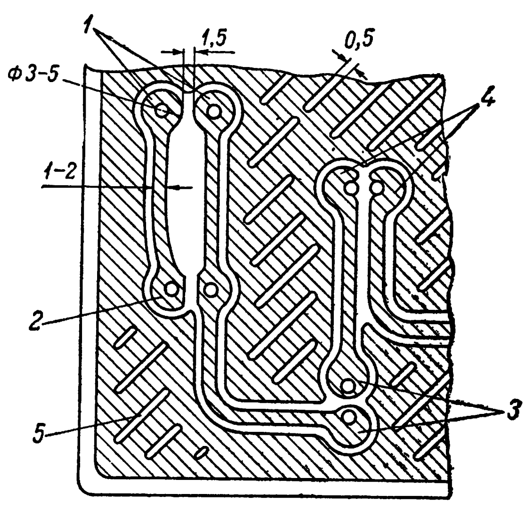


Рис. 15-22. Расположение печатных проводников на плате.

1 — нормальная форма концов проводников; *2* — то же при уменьшенном расстоянии между отверстиями; *3* и *4* — форма концов проводников при малом расстоянии между отверстиями; *5* — технологические просветы для выхода газов при травлении.

Форма печатных проводников, их расположение, расстояние между ними и т. п. показаны на рис. 15-22.

Изготовление фольгированного гетинакса

При отсутствии фольгированного гетинакса заводского производства наклейка фольги на гетинакс производится следующим образом.

1. Одну сторону фольги, а также гетинакса делают шероховатой при помощи мелкой шкурки и обезжиривают (промывают спиртом, ацетоном, эфиром и т. п.).

2. Смазывают фольгу и гетинакс тонким слоем клея БФ-2 и дают ему подсохнуть 10—15 *мин*.

3. Вторично смазывают гетинакс толстым слоем клея и к нему прикладывают фольгу, следя за тем, чтобы между фольгой и гетинаксом не было воздушных пузырьков.

4. Гетинакс с приклеенной фольгой зажимают между двумя металлическими пластинами. Между фольгой и металлической пластиной надо проложить два-три листа ватмана. В качестве зажима можно использовать струбцины или винты, для которых по краям пластин сверлятся отверстия. Собранный таким образом пакет выдерживают сначала в течение часа при комнатной температуре, а затем в течение 3 *ч* — при температуре 120° С.

РАЗДЕЛ ШЕСТНАДЦАТЫЙ

РАЗНЫЕ СПРАВКИ

16-1. РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Радиолюбительская работа ведется в радиокружках на предприятиях, в учреждениях, в школах, учебных заведениях и в профсоюзных клубах, на станциях юных техников, в радиоклубах Добровольного общества содействия армии, авиации и флоту (ДОСААФ) и в самодеятельных радиоклубах, создаваемых при крупных организациях ДОСААФ на фабриках, заводах, в вузах и т. д.

Радиокружки

Организуются там, где имеются радиолюбители или желающие заниматься радиолюбительством. Инициативная группа из числа радиолюбителей или наиболее интересующихся радиолюбительством товарищей связывается с завкомом или месткомом, комсомольской организацией, первичной организацией ДОСААФ, получает согласие и помощь для создания радиокружка (средства, помещение, руководителя), проводит запись в кружок, получает методическую помощь от местного радиоклуба ДОСААФ и организует занятия по программам радиокружков ДОСААФ или программам, разработанным членами данного радиокружка с учетом его особенностей.

В последнее время популярными становятся радиокружки, ставящие задачу знакомства с радиоприемной и телевизионной аппаратурой, получения практических навыков по ее эксплуатации и устранению в ней простейших неисправностей.

Кружки юных радиолюбителей создаются при школах, технических училищах и других учебных заведениях. В этих кружках занимаются юноши и девушки в возрасте от 12 до 17 лет. Методическую помощь им оказывают районные, городские, областные и республиканские станции юных техников и дома пионеров, где имеются радиолаборатории и ведется работа с юными радиолюбителями.

Самодеятельные радиоклубы

Объединения радиолюбителей при первичных организациях ДОСААФ. Работая без штатных работников, эти радиолюбительские коллективы опираются исключительно на актив. Всей работой самодеятельного радиоклуба руководит выборный совет. Создаваемые по почину радиолюбителей Московского коксогазового завода самодеятельные радиоклубы организованы уже во многих городах и рабочих поселках. Есть радиоклубы и в технических училищах (например, в Новосибирске при радиотехническом училище № 10). Самодеятельный радиоклуб первичной организации ДОСААФ на Харьковском заводе «Серп и молот» получил специальные помещения для радиостанции и для курсов радистов-операторов и радиомастеров. Дирекция выделила инструменты, измерительные приборы, радиодетали, монтажный материал. Радиолюбители оборудовали рабочие столы, оформили стенды, смонтировали наглядные пособия. При радиоклубе созданы секции телевидения, коротких и ультракоротких волн и внедрения радиометодов в производство.

Радиоклубы ДОСААФ

Находятся во всех областных, краевых и республиканских центрах СССР. Ведут работу по подготовке кадров радистов для нужд народного хозяйства, широкую пропаганду радиотехнических знаний, а также работу по радиоспорту, организуя кружки и курсы, лекции и беседы, выставки творчества радиолюбителей-конструкторов, технические вечера, соревнования и конкурсы радистов, коротковолновиков и ультракоротковолновиков.

В каждом радиоклубе имеются учебные классы, лаборатории и мастерские, радиостанции и радиотехнические библиотеки-читальни, работают секции радиолюбителей-конструкторов, устные и письменные консультации по радиотехнике.

Центральный радиоклуб ДОСААФ

Центр массовой работы по радиолюбительству и радиоспорту ЦК ДОСААФ.

На основе решений ЦК ДОСААФ организует Всесоюзные соревнования, конкурсы, выставки творчества радиолюбителей-конструкторов, осуществляет методическую и техническую помощь местным радиоклубам, ведет пропаганду радиотехнических знаний и содействует членам радиоклуба в повышении своего мастерства и радиолюбительской квалификации.

Имеет большую радиотехническую библиотеку-читальню, любительский радиоцентр с приемно-передающими КВ и УКВ радиостанциями, ряд лабораторий, мастерские, лекционный зал.

Членами Центрального радиоклуба могут быть члены ДОСААФ, имеющие радиолюбительский спортивный разряд не менее первого разряда, судьи по радиолюбительскому спорту не ниже республиканской категории, а также радиолюбители, не имеющие спортивного звания, но своей деятельностью активно способствующие развитию радиолюбительства, внедрению радиоэлектроники в народное хозяйство и радиофикации страны.

Адрес клуба: Москва, Сретенка, 26/1, телефоны: К5-92-71, К4-30-70.

Станции юных техников

Ведут работу по пропаганде технических знаний и привитию практических навыков в ряде областей техники, в том числе и радиоэлектроники. При многих районных и городских СЮТ работают радиокружки, имеются радиомастерские и радиолаборатории. Областные, краевые и республиканские СЮТ имеются во всех областных, краевых и республиканских центрах СССР. Они осуществляют руководство нижестоящими СЮТ и методическую помощь различным кружкам юных техников, в том числе и радиолюбительским в школах.

При большинстве областных, краевых и республиканских СЮТ имеются радиолаборатории и мастерские, КВ и УКВ радиостанции, технические библиотеки и консультации.

Центральная станция юных техников

Методический и консультационный центр технического творчества детей и школьной молодежи.

Центральная станция: оказывает методическую помощь техническим кружкам школьников;

осуществляет методическое руководство деятельностью всех станций юных техников и отделов техники дворцов и домов пионеров;

консультирует по вопросам техники школьников и учителей;

организует технические конкурсы, выставки работ юных техников и различные соревнования в области техники;

ведет работу с учащимися в своих лабораториях.

Адрес: Москва, А-55, Тихвинская ул., 39, телефоны: Д1-79-63, Д1-82-21.

16-2. СПОРТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗВАНИЯ И СПОРТИВНЫЕ РАЗРЯДЫ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ ДОСААФ

Для радиолюбителей-коротковолновиков, ультракоротковолновиков и радистов-операторов высшим спортивно-техническим званием является Мастер спорта, а для радиолюбителей-конструкторов — Мастер-конструктор. Спортивных разрядов установлено три.

По каждой отрасли радиолюбительского творчества имеются нормы для сдачи испытаний на получение первого, второго и третьего разрядов. Радиолюбители, получившие спортивно-технические звания или спортивные разряды, получают соответствующие значки.

Таблица 16-1

В какой области	Нормы, необходимые для присвоения 3-го разряда
Радиосвязь телефоном на УКВ	Провести 30 двусторонних радиосвязей за 6 *ч*, или 15 — за 6 *ч* с различными областями СССР *, либо 8 двусторонних радиосвязей за 1 *ч*, или же провести двусторонние радиосвязи не менее чем с 10-ю союзными республиками за 1 *ч*.
Прием радиограмм на слух и передача на ключе	Прием букв и цифр со скоростью 65 знаков в мин. Передача на ключе букв со скоростью 65 знаков в мин., а цифр — 50 знаков. Число ошибок не должно превышать трех в радиограмме объемом 75 групп.
Конструкторской деятельности	Занять второе или третье место на клубной радиовыставке или четвертое-пятое — на областной

* Повторные связи зачитываются через каждые 2 *ч*.

Для получения спортивно-технической квалификации 3-го разряда достаточно сдать нормы в одной из указанных в табл. 16-1 областей радиолюбительской деятельности.

16-3. ОТКУДА МОЖНО ВЫПИСЫВАТЬ РАДИОТОВАРЫ

Радиотовары высылает по почте Центральная торговая база Посылторга и ее отделения согласно прейскуранту, который можно получить для ознакомления во всех почтовых отделениях.

На новые радиодетали имеется дополнительный список. Прейскурант и дополнительный список можно выписать непосредственно с базы, выслав в ее адрес 6 коп. почтовыми марками.

Адрес Центральной торговой базы Посылторга: Москва, Е-126, Авиамоторная ул., 50.

Адреса отделений Центральной торговой базы Посылторга: 1. Новосибирск, ул. Степана Разина, 52. 2. Ростов-на-Дону, Московская ул., 88. 3. Свердловск, ул. Решетникова, 23.

Товары высылаются после получения базой Посылторга их полной стоимости и расходов по пересылке.

Посылки для сельских радиолюбителей с набором деталей для приемо-передающей УКВ радиостанции можно заказать через культмаги и раймаги потребительской кооперации. Там же можно заказать радиодетали по имеющемуся каталогу. Магазин направит заказ в Московскую базу Главкоопкультторга по адресу: Москва, Б-5, 1-й Переведеновский пер., 43 и база отправит почтовой посылкой набор деталей в магазин.

16-4. ОТКУДА МОЖНО ВЫПИСЫВАТЬ КНИГИ ПО РАДИОТЕХНИКЕ

Литературу по радиотехнике и электронике высылают по почте наложенным платежом без задатка следующие магазины:

1. Магазин № 93 «Книга почтой», Москва, В-218, 5-я Черемушкинская ул., 14.

2. Магазин технической книги № 8 Москниготорга «Книга почтой», Москва, Центр, Петровка, 15.

3. Магазин № 89 Москниготорга, Москва, Ж-125, Текстильщики, корпус 8.

Отделения «Книга почтой» имеются во всех республиканских, краевых и областных центрах СССР. Заказ следует адресовать так: название республиканского, краевого или областного центра, книготорга, отделению «Книга почтой».

Литературу по вопросам связи и радио можно также получить по почте наложенным платежом, направив заказ «Военная книга — почтой» по одному из следующих адресов:

1. Москва, Г-2, Арбат, 21. 2. Киев, Красноармейская, 10. 3. Куйбышев, Куйбышевская, 91. 4. Ленинград, Невский, 20. 5. Львов, ул. Горького, 5. 6. Минск, ул. Куйбышева, 24. 7. Одесса, Дерибасовская, 13. 8. Рига, Б. Смилшу, 16. 9. Ростов-на-Дону, Буденновский, 103. 10. Свердловск, ул. Малышева, 31. 11. Ташкент, ул. Ленина, 94. 12. Тбилиси, пл. Ленина, 4. 13. Хабаровск, ул. Серышева, 11.

Можно выписывать книги, выпущенные в текущем году, так как популярная радиотехническая литература прошлых лет распродана. Планы издательств, выпускающих литературу для радиолюбителей, ежегодно публикуются в первых номерах журнала «Радио».

Издательства литературу не высылают, книги в адрес «Полевая почта» и «До востребования», высылаются только по получении их стоимости и стоимости пересылки.

16-5. ЖУРНАЛ «РАДИО»

Ежемесячный научно-популярный радиотехнический журнал советских радиолюбителей. Существует с 1924 г. Ранее назывался «Радиолюбитель» и «Радиофронт». Объем 6,5 печатных листов, 64 страницы. Подписная плата на год — 3 р. 60 к.

Редакция подписки не производит.

16-6. РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ КОНСУЛЬТАЦИИ

Редакция журнала «Радио» дает консультацию только на страницах журнала. Ответы даются в обобщенном виде на вопросы, интересующие широкие круги радиолюбителей.

Адрес редакции: Москва К-31, Петровка, 12.

Радиослушатели и начинающие радиолюбители могут получить консультацию из отдела науки и техники Государственного комитета по радиовещанию и телевидению при Совете Министров СССР по адресу: Москва, Радио, отдел науки и техники, радиоконсультация.

В письма, направленные в радиотехнические консультации, нужно вкладывать конверт с наклеенными почтовыми марками и надписанным обратным адресом.

Если тематика вопросов различна, то каждый вопрос следует писать на отдельном листке. Под каждым вопросом нужно написать свою фамилию и адрес.

Письменную консультацию по радиовещательной и электроакустической аппаратуре, выпускаемой радиотехнической промышленностью, дает Институт радиовещательного приема и акустики (ИРПА). Адрес института: Ленинград, Набережная реки Крестовки, д. 3.

Устную консультацию по всем вопросам конструкторской деятельности радиолюбителей можно получать в местных городских и областных радиоклубах ДОСААФ, а в Москве — в Центральном радиоклубе — Сретенка, Селиверстов пер., 1/26, телефон К5-92-71 и в Городском радиоклубе — Площадь Революции, 1/3, телефон К5-45-47.

16-7. СРЕДНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЗАОЧНЫЕ УЧЕБНЫЕ ЗАВЕДЕНИЯ

Всесоюзный заочный радиотехнический техникум

Специальности: радиоаппаратостроение, производство радиоизоляционных материалов и радиодеталей, электрооборудование промышленных предприятий.

Адрес: Горький, ул. Пушкина, 21.

Всесоюзный заочный техникум связи

Имеет следующие радиотехнические специальности: районная электрическая связь и радиофикация, радиовещание, радиосвязь.

Адрес: Москва, Ослабинский пер., 8.

Заочный техникум и заочные отделения техникумов железнодорожного транспорта

Среди ряда других имеют специальности автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте, радиосвязь и радиовещание.

1. Всесоюзный заочный техникум железнодорожного транспорта — Москва, проспект Мира, Кучин пер., 14.

Заочные отделения техникумов железнодорожного транспорта имеются в следующих городах:

2. Акмолинск, ул. К. Маркса, 53. 3. Алатырь, Первомайская ул., 50. 4. Алма-Ата, ул. Джамбула, 92. 5. Чита, ул. Бутина, 5. 6. Баку, ул. Чапаева, 51. 7. Вологда, Техникумовский пер., 4. 8. Великие Луки, Первомайская ул., 27. 9. Красноярск, Новосибирская ул., 50. 10. Ленинакан, проспект Ленина, 29. 11. Ленинград, Бородинская ул., 6. 12. Москва, Часовая ул., 22/2. 13. Одесса, пл. Январского восстания, 15-б. 14. Орджоникидзе, Техгородок ВРЗ. 15. Оренбург, Горсоветская ул., 1/3. 16. Ростов-на-Дону, ул. Горького, 90/125. 17. Свердловск, ул. Быкова, 34-а. 18. Тарту, ул. Рийа, 99. 19. Улан-Удэ, Площадка паровозовагонного завода. 20. Ухта, Октябрьская ул., 4. 21. Челябинск, ул. Ленина, 76.

Московский заочный приборостроительный техникум

Специальности: производство приборов времени, производство аппаратуры автоматики и телемеханики, контрольно-измерительные и регулирующие приборы, электронные вычислительные машины, производство счетных и счетно-аналитических машин.

Адрес: Москва, ул. 8 Марта, 17.

16-8. СРЕДНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОЧНЫЕ УЧЕБНЫЕ ЗАВЕДЕНИЯ

Радиотехнические техникумы

Воронежский радиотехнический техникум. Специальности: радиоаппаратостроение, производство радиоизоляционных материалов и радиодеталей. Обработка металлов резанием, производство полупроводниковых приборов (заочное отделение) — Воронеж, Плехановская ул., 158.

Ленинградский радиотехнический техникум. Специальности: обработка металлов резанием, радиоаппаратостроение, химическое машиностроение (вечернее и заочное отделения) — Ленинград, пер. Гривцова, 6.

Муромский радиотехнический техникум. Специальности: радиоаппаратостроение, обработка металлов резанием (вечернее отделение) — Муром, Комсомольская, 55.

Новосибирский радиотехнический техникум. Специальность — радиоаппаратостроение (вечернее и заочное отделения) — Новосибирск, пр. Дзержинского, 26.

Свердловский радиотехнический техникум. Специальности: радиоаппаратостроение, производство аппаратуры автоматики и телемеханики, гироскопические приборы — Свердловск, ул. Баумана, 28-а.

Харьковский радиотехнический техникум. Специальности: радиоаппаратостроение, производство аппаратуры автоматики и телемеханики, электровакуумное приборостроение (вечернее отделение) — Харьков, Сумская ул., 18/20.

Техникумы связи

Ниже в табл. 16-2 перечисляются адреса электротехникумов и политехникумов Министерства связи СССР и нескольких политехникумов Совнархозов. Все они имеют заочные отделения, кроме Витебского, Смоленского и Московского. Вечерние отделения имеются при Московском и Таллинском политехникумах и Хабаровском техникуме.

В графе «Специальность» указываются цифры, означающие, какие радиотехнические специальности имеются в данном техникуме: 1 — районная электрическая связь и радиофикация; 2 — радиосвязь и радиовещание; 3 — телевизионная техника и радиорелейная связь; 4 — радиоаппаратостроение. Города, где находятся политехникумы, отмечены звездочками.

Таблица 16-2

Город	Адрес	Специальность
Архангельск	Ул. К. Либкнехта, 8	1, 2
Алма-Ата	Ул. Мира, 8	1, 2, 3
Баку	Ул. Шаумяна, 33	1, 3
Витебск	Верхне-набережная, 45	1, 2
Казань	Ул. К. Маркса, 36	1, 2
Каунас *	Яуносиос Гвардиос, 37	1, 4
Киев *	Ул. Леонтовича, 11	2, 3
Куйбышев	Ул. Куйбышева, 133	1, 2
Ленинград	Васильевский остров, 3-я линия, 30	2, 3
Львов	Ул. 17 Вересня, 7	1, 3
Москва *	Авиамоторная ул., 8а	2, 3
Минск	Подлесная ул., 40	1, 3
Новосибирск	Ул. Кирова, 58	2
Одесса	Ул. Челюскинцев, 1/3	1
Ростов *	Ул. Тургенева, 20	1, 3
Рязань	Куйбышевское шоссе, 18	4
Свердловск	Пушкинская ул., 19	1, 2
Смоленск	Красногвардейская, 2/1	1, 2
Таллин *	Ул. Пярну Маантее, 57	2, 4
Ташкент *	Ул. Лабзак, 112	1, 3
Тбилиси *	Проспект Руставели, 35	1, 2
Хабаровск	Ул. Ленина, 113	2, 3
Харьков	Кооперативная ул., 7	2, 3

Электромеханические, физико-механические и приборостроительные техникумы, имеющие радиотехнические специальности

Вильнюсский электромеханический техникум. Специальности: радиосвязь и радиовещание — Вильнюс, ул. Цвиркос, 49.

Ереванский электромеханический техникум. Специальности: районная электрическая связь, радиофикация (на основном и заочном отделении) — Ереван, проспект Ленина, 70.

Киевский электромеханический техникум. Специальности: производство аппаратуры автоматики и телемеханики, радиоаппаратостроение (вечернее отделение) — Киев, ул. Стадионная, 3.

Краснодарский электромеханический техникум. Специальности (на вечернем отделении): радиотехнические измерения, электроприборостроение — Краснодар; п/о 10.

Ленинградский физико-механический техникум. Специальности (на заочном отделении): радиоаппаратостроение—Ленинград, Чугунная ул., 44.

Ленинградский электромеханический техникум. Специальности: производство радиоизоляционных материалов и радиодеталей, радиоаппаратостроение — Ленинград, проспект К. Маркса, 61.

Львовский электромеханический техникум. Специальности: электровакуумное приборостроение, радиоаппаратостроение. Вечернее отделение с теми же специальностями, заочное отделение со специальностью радиоприборостроение — Львов, ул. Пушкина, 130.

Московский приборостроительный техникум. Специальности: электронные вычислительные машины, приборы и устройства, производство приборов времени, контрольно-измерительные и регулирующие приборы — Москва, Варшавское шоссе, Речной поселок, 17.

Пензенский приборостроительный техникум. Специальности: производство приборов времени, производство счетных и счетно-аналитических машин, производство аппаратуры автоматики и телемеханики, электронные вычислительные приборы, машины и устройства (вечернее и заочное отделения) — Пенза, Пушкинская ул., 137.

Рижский электромеханический техникум. Специальности: автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте, оборудование электровакуумного производства — Рига, ул. Ленина, 214.

Сарапульский электромеханический техникум. Специальность: радиоаппаратостроение — Сарапул, Красноармейская, 93.

Ульяновский электромеханический техникум. Специальности: электронные вычислительные машины, приборы и устройства, электровакуумное приборостроение — Ульяновск, Заволжье, ул. Металлистов, 2.

Уфимский электромеханический техникум. Специальности: аппаратостроение проводной связи, производство кабелей и проводов, районная электрическая связь и радиофикация — Уфа, ул. Зенцова, 47.

Техникумы железнодорожного транспорта, имеющие специальность автоматика и телемеханика (на основных, очных отделениях), а также радиосвязь и радиовещание на заочном отделении

Воронежский техникум железнодорожного транспорта — Воронеж, Студенческая ул., 18.

Калужский техникум железнодорожного транспорта — Калуга, ул. Женщин-работниц, 11.

Куйбышевский техникум железнодорожного транспорта — Куйбышев, Комсомольская площадь, 44.

Львовский техникум железнодорожного транспорта — Львов, Снопковская ул., 47.

Московский техникум железнодорожного транспорта им. А. А. Андреева — Москва, проспект Мира, Кучин пер., 14.

Московский техникум железнодорожного транспорта им. Ф. Э. Дзержинского — Люблино, Московская ул., 122.

Омский электротехнический техникум железнодорожного транспорта — Омск, Московская ул., 12.

Орловский техникум железнодорожного транспорта — Орел, 2-я Новосильская ул., 52.

Ташкентский электромеханический техникум железнодорожного транспорта — Ташкент, Вторая Сарыкульская ул., 2.

Тбилисский техникум железнодорожного транспорта — Тбилиси, Плехановский пр., 138.

Томский техникум железнодорожного транспорта — Томск, Стародеповская ул., 101.

Хабаровский техникум железнодорожного транспорта — Хабаровск, ул. К. Маркса, 79.

Мореходные училища

В этих училищах имеются отделения судовой радиосвязи и электрорадионавигации.

Дальневосточное мореходное училище — Находка, 2-й участок, Центральная ул.

Клайпедское мореходное училище — Клайпеда, ул. Мельникайтес, 43.

Ленинградское арктическое училище — Ленинград, поселок Стрельня, Парковая ул., 1.

Ленинградское мореходное училище (имеется заочное отделение) — Ленинград, Б. Смоленский проспект, 26.

Мурманское мореходное училище — Мурманск, ул. Шмидта, 19.

Петропавловск-Камчатское мореходное училище — Петропавловск-Камчатский, Ленинградская ул., 37.

Сахалинское мореходное училище — Невельск, ул. Ленина, 11.

16-9. ИЗ ПРАВИЛ ПРИЕМА В ТЕХНИКУМЫ

В средние специальные учебные заведения принимаются граждане СССР в возрасте до 30 лет, имеющие образование в объеме семилетней или средней школы, представившие положительные характеристики от партийных, профсоюзных, комсомольских и других общественных организаций, руководителей предприятий и учреждений, правлений колхозов.

Вступительные экзамены предусмотрены для всех поступающих. Зачисление в состав учащихся проводится по результатам вступительных экзаменов и в порядке конкурсного отбора.

При условии успешной сдачи вступительных экзаменов правом первоочередного внеконкурсного зачисления в средние специальные учебные заведения пользуются лица со стажем практической работы не менее двух лет, направленные на обучение промышленными предприятиями, стройками, совхозами и колхозами.

После этого зачисляются также вне конкурса лица со стажем практической работы не менее двух лет.

На оставшиеся места зачисляются все остальные поступающие в порядке конкурса.

Лицам, демобилизованным из вооруженных сил и поступающим в техникумы, время пребывания их в Советской армии и Военно-Морском флоте засчитывается как стаж практической работы.

Если количество заявлений от лиц, имеющих право на внеконкурсное зачисление, превысит 80% плана приема, то директора техникумов (училищ, школ) должны выделять на общий конкурс не менее 20% мест от плана приема.

Лица, награжденные по окончании семи классов средней школы похвальными грамотами (отличники), а также лица, награжденные по окончании средней школы золотыми или серебряными медалями, при прочих равных условиях (в результате конкурса) зачисляются в первую очередь.

В вечерние и заочные средние специальные учебные заведения принимаются преимущественно лица, работающие по профессиям, родственным избранной для изучения специальности.

16-10. ЗАОЧНЫЕ ВЫСШИЕ УЧЕБНЫЕ ЗАВЕДЕНИЯ

Всесоюзный заочный политехнический институт

На электрофизическом факультете имеются специальности: радиотехника, автоматика и телемеханика, электроизмерительная техника, промышленная электроника, электронные приборы, конструирование и технология производства радиоаппаратуры — Москва, Мазутный пер., 37а.

Всесоюзный заочный энергетический институт

Имеет на радиотехническом факультете специальности: радиотехника; конструирование и технология производства радиоаппаратуры. На электрофизическом факультете специальности: автоматика и телемеханика, электроизмерительная техника, электронные приборы, математические и счетно-решающие приборы и устройства. Москва, Красноказарменная ул., 14.

Всесоюзный заочный электротехнический институт

Имеет факультет радиосвязи и радиовещания — Москва, Авиамоторная ул., 8.

Всесоюзный заочный институт инженеров железнодорожного транспорта

На электромеханическом факультете имеются специальности: автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте. Москва, Ново-Сущевская ул., 21.

Северо-Западный заочный политехнический институт

На радиотехническом факультете имеются специальности: автоматика и телемеханика, электронные приборы, радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры — Ленинград, ул. Халтурина, 5.

Украинский заочный политехнический институт

На электрофизическом факультете имеются специальности: автоматика и телемеханика, электроизмерительная техника, электронные приборы, промышленная электроника, радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры — Харьков, Университетская ул., 16.

Заочные факультеты в институтах

Следующие институты имеют заочные факультеты с радиотехническими специальностями. Адреса этих институтов указаны в соответствующих таблицах очных ВТУЗов (см. табл. 16-3, 16-4 и 16-5).

Белорусский политехнический институт (специальность — радиотехника).

Горьковский политехнический институт им. А. А. Жданова (специальности: радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры).

Казанский авиационный институт (специальность — радиотехника).

Киевский ордена Ленина политехнический институт (специальности: радиотехника, автоматика и телемеханика, диэлектрики и полупроводники, конструирование и технология производства радиоаппаратуры, электронные приборы).

Ленинградское высшее инженерное морское училище им. адмирала С. О. Макарова (специальность — радиотехника).

Ленинградский политехнический институт им. М. И. Калинина (специальность — автоматика и телемеханика).

Львовский политехнический институт (специальность — радиотехника).

Новочеркасский политехнический институт (специальность — автоматика и телемеханика).

Одесский политехнический институт (специальность — автоматика и телемеханика).

Рижский политехнический институт (специальность—радиотехника).

Ростовский-на-Дону институт сельскохозяйственного машиностроения (специальность — автоматика и телемеханика).

Таганрогский радиотехнический институт (специальности: радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры).

Таллинский политехнический институт (специальность — автоматика и телемеханика).

Томский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт им. С. М. Кирова (специальность — радиотехника).

Ульяновский вечерний политехнический институт (специальность — конструирование и технология производства радиоаппаратуры).

Уральский политехнический институт им. С. М. Кирова (специальности: радиотехника, автоматика и телемеханика, конструирование и технология производства радиоаппаратуры, электроизмерительные приборы и устройства).

Харьковский политехнический институт им. В. И. Ленина (специальности: радиотехника, автоматика и телемеханика, конструирование и технология производства радиоаппаратуры).

Заочные факультеты в институтах железнодорожного транспорта

Следующие институты железнодорожного транспорта имеют заочные факультеты со специальностью: автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте.

Белорусский институт инженеров железнодорожного транспорта — Гомель, ул. Кирова, 88.

Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта — Днепропетровск, Севастопольская ул., 15.

Ленинградский ордена Ленина институт железнодорожного транспорта им. академика В. Н. Образцова — Ленинград, Московский проспект, 9.

Новосибирский институт инженеров железнодорожного транспорта — Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук.

Ростовский институт инженеров железнодорожного транспорта — Ростов-на-Дону, Новый город.

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта— Ташкент, Оборонная ул., 1.

Тбилисский институт инженеров железнодорожного транспорта им. В. И. Ленина — Тбилиси, ул. Ленина, 98.

Харьковский институт инженеров железнодорожного транспорта — Харьков, ул. Фейербаха, 7.

Хабаровский институт инженеров железнодорожного транспорта, Хабаровск, Некрасовская ул., 128.

Заочные отделения имеют:

Воронежский вечерний политехнический институт (специальность — конструирование и технология производственной аппаратуры) и все институты связи.

16-11. ОЧНЫЕ ВЫСШИЕ УЧЕБНЫЕ ЗАВЕДЕНИЯ

Радиотехнические, электротехнические, энергетические и физико-технические высшие учебные заведения

Ивановский энергетический институт им. В. И. Ленина. Факультет электроэнергетический (автоматика и телемеханика). Иваново, Рабфаковская ул., 34.

Ленинградский электротехнический институт им. В. И. Ульянова (Ленина). Факультеты [1] — радиотехнический, электронной техники, электрофизический, электроприборостроения; вечерний — Ленинград, ул. Попова, 5.

Московский ордена Ленина энергетический институт. Факультеты — радиотехнический, электровакуумной техники и приборостроения, электромеханический; вечерний — Москва, Красноказарменная ул., 17.

Московский физико-технический институт. Факультеты — радиофизический, радиотехнический — Московская обл., платформа Долгопрудная Северной ж. д., Савеловское направление.

Новосибирский электротехнический институт. Факультеты — радиотехнический, электромеханический — Новосибирск, 34, квартал 69, д. 36.

Рязанский радиотехнический институт. Факультеты — конструирование и технология производства радиоаппаратуры, радиотехнической электроники, телемеханики и автоматики; вечерний — Рязань, Ямское шоссе, 37.

Таганрогский радиотехнический институт. Факультеты — радиотехнический, электровакуумной техники, приборостроения, вечерний — Таганрог, ул. Чехова, 22.

Институты связи Министерства связи СССР

Куйбышевский электротехнический институт инженеров связи — Куйбышев обл., Куйбышевская ул., 133.

Ленинградский электротехнический институт инженеров связи им. М. А. Бонч-Бруевича — Ленинград, Фонтанка, 3.

[1] Факультеты указываются только те, где готовят специалистов в областях радиотехники и электроники, автоматики и телемеханики.

Московский электротехнический институт инженеров связи — Москва, Авиамоторная ул., 8.

Новосибирский электротехнический институт инженеров связи — Новосибирск, ул. Кирова, 58.

Одесский электротехнический институт инженеров связи — Одесса, ул. Челюскинцев, 43.

Ташкентский электротехнический институт инженеров связи — Ташкент, ул. Лабзак, 112.

Все институты связи имеют факультеты радиосвязи и радиовещания и телеграфно-телефонной связи (Московский институт — еще факультет радиотехники, автоматики, телемеханики), а также вечерние и заочные отделения по тем же специальностям.

Университеты, имеющие радиотехнические специальности

Воронежский государственный университет. Физический факультет. Специальность — радиофизика и электроника. — Воронеж, проспект Революции, 24.

Горьковский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. Физический факультет. Специальность — радиофизика и электроника. — Горький, ул. Свердлова, 37.

Ереванский государственный университет. Физико-математический факультет. Специальность — электроника — Ереван, ул. Абовяна, 104.

Иркутский государственный университет им. А. А. Жданова. Физико-математический факультет. Специальность — радиофизика и электроника — Иркутск, Вузовская набережная, 20.

Казанский государственный университет им. В. И. Ульянова (Ленина). Физико-математический факультет. Специальность — радиофизика и электроника — Казань, ул. Чернышевского, 18.

Киевский государственный университет им. Т. Г. Шевченко. Радиофизический факультет. Специальность — радиофизика и электроника. — Киев, Владимирская ул., 60.

Ленинградский ордена Ленина государственный университет им. А. А. Жданова. Специальность — радиофизика и электроника. Физический факультет — Ленинград, Университетская набережная, 7/9.

Московский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени государственный университет им. М. В. Ломоносова. Физический факультет. Специальность — радиофизика и электроника — Москва, Ленинские горы.

Пермский государственный университет им. А. М. Горького. Физико-математический факультет. Специальность — радиофизика и электроника — Пермь, ул. Генкеля, 1.

Ростовский государственный университет. Физико-математический факультет. Специальность — электроника. — Ростов-на-Дону, ул. Фридриха Энгельса, 15.

Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского. Физический факультет. Специальности: радиофизика и электроника — Саратов, Астраханская ул., 83.

Тбилисский государственный университет. Физический факультет. Специальность — радиофизика — Тбилиси, Университетская ул., 1.

Харьковский государственный университет им. А. М. Горького. Радиофизический факультет. Специальность — радиофизика и электроника — Харьков, Университетская ул., 16.

Таблица 16-3

Политехнические институты, имеющие радиотехнические специальности

Город	Адрес	Факультет	Специальность
Минск	Ленинский проспект, 93	Энергетический Вечерний	1 1, 2
Воронеж	Ул. Коммунаров, 36	Вечерний	2
Горький	Ул. К. Минина, 24	Радиотехнический Электротехнический Вечерний	1, 2 4 1, 2
Тбилиси	Ул. Ушанги Чхеидзе, 8	Энергетический	3
Ереван	Ул. Теряна, 105	Электротехнический	4, 10
Каунас	Ул. Донилайчио, 35	Электротехнический	1, 2
Киев	Брест-Литовское шоссе, 39	Радиотехнический Электротехнический Киноинженеров Вечернее	1, 2, 5, 6, 7 3, 4 1, 2 1, 2, 3, 4, 5, 6
Ленинград	Дорога в Сосновку, 1/3	Радиотехнический Электромеханический Вечерний	4, 5, 7, 8 3 3
Львов	Ул. Мира, 12	Радиотехнический Вечерний	1, 2, 3, 6 1, 3
Новочеркасск	Ул. Просвещения, 120	Электромеханический	3
Одесса	Ново-Аркадийская, 1	Электротехнический	1, 2, 3
Пенза	Красная ул., 40	Радиотехнический Электротехнический Вечерний	1, 2, 4, 3, 10 4
Рига	Ул. Ленина, 1	Электроэнергетический	3
Таллин	ул. Калинина, 101	Механический	3
Томск	Пр. Тимирязева, 9	Радиотехнический	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,

Продолжение табл. 16-3

Город	Адрес	Факультет	Специальность
Свердловск	ВТУЗ городок	Радиотехнический	1, 2, 3, 7
Харьков	Ул. Фрунзе, 21	Радиотехнический	1, 2, 6
		Электромашиностроительный	4
		Электроэнергетический	3, 10
		Вечерний	1, 2, 3, 10
Челябинск	Ул. Тимирязева, 10	Приборостроительный	2, 3, 10

В графе «Специальность» цифры означают: 1 — радиотехника; 2 — конструирование и технология производства радиоаппаратуры; 3 — автоматика и телемеханика; 4 — математические и счетно-решающие приборы и устройства; 5 — диэлектрики и полупроводники; 6 — электронные приборы; 7 — промышленная электроника; 8 — радиофизика; 9 — автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте; 10 — электроизмерительная техника.

Таблица 16-4

Высшие учебные заведения транспорта

Наименование института	Адрес	Факультет	Специальность
Казанский авиационный институт	Казань, ул. Карла Маркса, 60	Радиотехнический	1, 2
Киевский институт гражданского воздушного флота им. К. Е. Ворошилова	Киев, Полевая ул., 16/2	Электромеханический	11
Ленинградский институт авиационного приборостроения	Ленинград, ул. Гастелло, 9	Радиотехнический	1, 2
		Вечерний	1, 2
Ленинградское высшее инженерное морское училище им. адмирала С. О. Макарова	Ленинград, Васильевский остров, Косая линия, 15а	Радиотехнический	1
Ленинградский ордена Ленина институт железнодорожного транспорта им. академика В. Н. Образцова	Ленинград, Московский пр., 9	Электромеханический	9
		Вечерний	9

Продолжение табл. 16-4

Наименование института	Адрес	Факультет	Специальность
Московский авиационный институт им. Серго Орджоникидзе	Москва, Волоколамское шоссе, 18	Радиотехнический Вечерний	1, 2 1, 2
Московский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени институт железнодорожного транспорта	Москва, ул. Образцова, 15	Вечерний	9
Ташкентский институт железнодорожного транспорта	Ташкент, Оборонная ул., 1	Механический	9
Томский электромеханический институт железнодорожного транспорта	Томск, ул. Ленина, 35	Электромеханический	9
Уральский электромеханический институт железнодорожного транспорта	Свердловск, ул. Быкова, 34а	Электромеханический	9
Харьковский институт железнодорожного транспорта им. С. М. Кирова	Харьков, пл. Фейербаха, 7	Эксплуатационный Вечерний	9 9

В графе «Специальность» цифры означают то же, что и в табл. 16-3; 11 — эксплуатация авиационного оборудования.

Таблица 16-5

Различные институты

Название	Адрес	Факультет	Специальность
Куйбышевский индустриальный институт	Куйбышев, ул. Куйбышева, 153	Электротехнический	3
Ленинградский институт точной механики и оптики	Ленинград, Демидов пер., 10	Радиотехнический Вечерний	2, 3 2, 3
Ленинградский ордена Ленина лесотехнический институт им. С. М. Кирова	Ленинград, 18, Институтский пер., 5	Лесомеханический Вечерний	3 3
Ленинградский институт киноинженеров	Ленинград, ул. Правды, 13	Электротехнический	12

Продолжение табл. 16-5

Название	Адрес	Факультет	Специальность
Московский вечерний машиностроительный институт	Москва, Шаболовка, 24а	Приборостроительный	1, 4, 6
Московский инженерно-физический институт	Москва, ул. Кирова, 21	Вычислительных математических устройств	4
Московский лесотехнический институт	Московская обл., Платформа Строитель Ярославской ж. д.	Электроники	3, 4
		Вечернее	3, 4
Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое училище им. Н. Э. Баумана	Москва, Вторая Бауманская ул., 5	Приборостроение	2, 3, 4
		Вечерний	2
Ростовский-на-Дону институт сельскохозяйственного машиностроения	Ростов-на-Дону, поселок Сельмаш, Студенческая ул., 2	Приборостроение	3
		Вечерний	3

В графе «Специальность» цифры означают то же, что и в табл. 16-3; 12 — звукотехника.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Б

В

Г

Д

Е

Ж

З

И

К

Л

М

Н

О

П

Р

С

Т

У

Ф

Я

2р. 05к.